AN ELEMENTARY COURSE

OF

CIVIL ENGINEERING

IN HINDI

PART I.

General Construction

BY

NAVINA CHANDRA RAI.

Published under the auspices of the

PANJAB UNIVERSITY COLLEGE.

PRINTED BY BARKAT RAM, AT THE "ANJUMAN-I-PANJAB PRESS."

1882.

FIRST EDITION 500 copies. Price 8 annas.

भूमिका

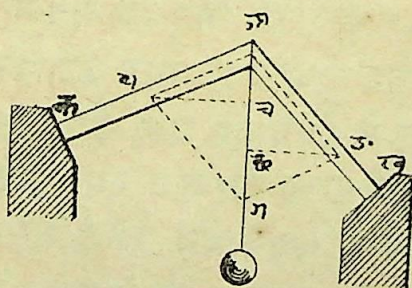
यह पुस्तक निर्म्माण विद्या का, जो श्रीमन्महा-
राज जम्बू काश्मीराधिपति के निमित्त अनुवादित
हुई थी, प्रथम प्रकरण है। इसका विषय हेनरी ला
साहेब कृत अङ्गरेज़ी पुस्तक से लिया गया है। अब
यह पञ्जाब महाविद्यालय के विद्यार्थी पण्डितों के
निमित्त "पञ्जाब युनिवर्सिटि कालेज" के व्यय
से मुद्रित और प्रकाशित हुई है। इसके अध्ययन से
विद्यार्थी को निर्म्माण विद्या के अन्यान्य प्रकरणों में
यथा गृहादि, सड़क, पुल, नहर, प्रभृति में प्रवेश
का अधिकार हो जायगा। ÷ । ÷ ।

तृतीय अध्याय।

साधारण निर्म्माण

शहतीर (अर्थात् स्थूण समूह) की साम्यावस्था के नियम।

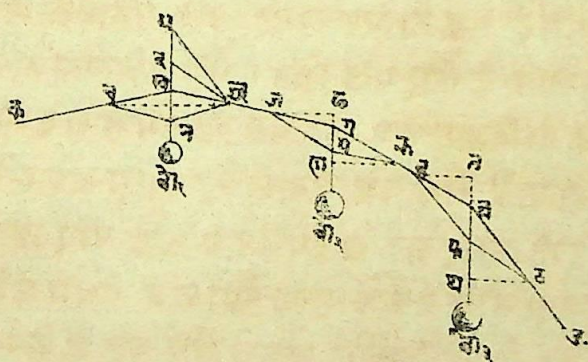
१. दूसरे अध्याय में जो सब तत्व वर्णित हुए, अब व्यवहार में उनका प्रयोग प्रदर्शित होता है। पहिले एक सामान्य विषय लेते हैं।

(चित्र १)

चित्र १ में अक और अख दो शहतीर हैं जिनका निचला सिरा दो दिवालों पर टिका हुआ है और उपरला सिरा एक दूसरे के सहारे ठहरा हुआ है। इन शहतीरों पर एक बोझ

है जो अ से लटका हुआ है; अब यह निरूपण करना है कि प्रत्येक शहतीर और दिवाल पर उस बोझ का कितना दबाव है। कल्पना करो कि अ से जो बोझ लटका हुआ है उसका परिमाण अग रेखा से निर्दिष्ट होता है; अख के समान्तर गच खेंचो, और अक के समान्तर गड, तथा अग पर छच और डड़ लम्ब डालो। तब (द्वितीय अध्याय के ११ वें परिच्छेद के अनुसार) अक शहतीर पर उसकी लम्बाई की दिशा में जो दबाव है वह अच से निर्दिष्ट होता है, और अख शहतीर पर जो दबाव है वह अड से निर्दिष्ट होता है। अब इनमें से प्रत्येक दबाव के दो दो और विभाग होसकते हैं एक तो दिवाल को (उसके गुरुत्व की दिशा में) नीचे दबाता है और एक उसको पथरा (१) ढकेलता है; यथा अच के दो विभाग अछ और छच, जिनमें से अछ नीचे दबाने वाला है और छच दिवाल को पथरा ढकेलने वाला है, इसी प्रकार अड के दो विभाग अड़ और डड़, जिनमें से अड़ नीचे दबाने वाला और डड़ पथरा ढकेलने वाला है। जो कि त्रिकोण अछच और गड़ड समान हैं, इसलिये अछ और ड़ग सदृश भुजा भी समान हैं; अतएव दो नीचे दबाने वाले दबाव अछ और अड़ की समष्टि अग (अर्थात् जो अ से बोझ लटका हुआ है उस) के समान हैं; इससे यह सिद्ध होता है कि दोनों दिवालों पर जित

(१) Horizontal

ना बोझ है वह उसके समान है जो अ से लटका हुआ है, पर प्रत्येक दिवाल पर कितना बोझ है यह दोनों शह-तीरों के परस्पर झुकाव पर निर्भर करता है। यह भी दृढ़ होता है कि खच, छज रेखा जो पधरे ठकेलने वाली शक्ति के निर्देशक हैं परस्पर तुल्य हैं; इससे यह सिद्ध होता है कि शहतीरों का परस्पर झुकाव चाहे कुछ हो उनका पधरा धक्का दिवालों पर समान लगता है, और उस धक्के के तुल्य होता है जिससे वे एक दूसरे को अ पर दबाते हैं।

(चित्र १)

२। चित्र २ एक काष्ठ संस्थान[1] का है जिसमें चार शहतीर इस रीति से जुड़े हुए हैं कि उनसे एक बहुभुज[2] क्षेत्र बन सकता है और जोड़ के स्थान क, ख, ग, घ, ङ, हिलने वाले

(१) Framing 2 Polygon

है अर्थात् दृढ़ावद्ध नहि हैं; ख, ग, च, से बो१, बो२, और बो३ ये तीन बोझ लटके हुए हैं, और उन बोझों के परिमाण में परस्पर ऐसा सम्बन्ध है कि उन्के दबाव से वह संस्थान अपनी साम्यावस्था मे है अर्थात् अपने आकार का परिवर्तन नहि कर सकता। कल्पना करो कि खन, गप, और चफ रेखा उन बोझों के परिमाण के निर्देशक हैं जो ख, ग, च से लटके हुए हैं; इन बोझों में से प्रत्येक को दो दो दबावों मे विभक्त करने के निमित्त, जो उस्की दोनों ओर की शहतीर पर पड़ता है समानान्तर चतुर्भुज खचनछ, जणझग, टथठच बनाये गये। तब खछ, जग रेखा दो दबावों की निर्देशक होंगी जो शहतीर खग को परस्पर विरुद्ध दिशा से दबाती हैं, और इसी प्रकार गझ, टच शहतीर गच को परस्पर विरुद्ध दिशा से दबाते हैं। जो कि सारा संस्थान साम्यावस्था मे है, और उस्का प्रत्येक अङ्ग अवद्ध (अर्थात् सरकने वाला) है, इससे यह निष्पन्न होता है कि इस्के सारे अङ्ग और इसी निमित्त शहतीर खग, गच भी साम्यावस्था मे है। अतएव दबाव खछ, दबाव जग के तुल्य है, जो ऐसा न होता तो शहतीर खग अधिक दबाव की ओर सरकता। इसी प्रकार दबाव गझ भी दबाव टच के तुल्य है। अब इनमे से प्रत्येक दबाव को दो दो और दबावों मे जिनमे से एक खड़ा[1] हो और एक पड़ा[2]

(1) Vertical (2) Horizontal

विभक्त करो; तब पड़े दबाव उक्ष, जढ, णऋ, टन, और ठथ रेखा से निर्दिष्ट होंगे। अब जो कि खक्ष, जग, और गऋ परस्पर (१) तुल्य हैं, और त्रिकोण खक्षउ, जगढ, और गऋण सजातीय हैं, इसलिये उक्ष, जढ, और ऋण रेखा (अतएव दबाव जिन्की वे निर्देशक हैं) परस्पर तुल्य होंगी। फेर जो कि गऋ, टच, और चठ परस्पर तुल्य हैं और त्रिकोण गऋण, टचन, और चठथ सजातीय हैं, इसलिये णऋ, टन और ठथ रेखा (अतएव दबाव जिन्को वे निर्देशक हैं) परस्पर तुल्य होंगी। इससे सिद्ध होता है कि, बहुभुज संस्थान मे, जिसके सारे अङ्ग साम्यावस्था मे हैं, पड़ा धक्का सारे जोड़ों पर तुल्य होगा।

३। अब ऋ से गच के समानान्तर ऋद रेखा, और चङ के समानान्तर ऋध रेखा खेंचो, जो कि उक्ष णऋ के तुल्य है और (दक्ष, गऋ के समानान्तर होने से) दक्षउ और गऋण कोण तुल्य हैं, इससे निश्चय होता है कि दक्ष, गऋ, के तुल्य है। इसी प्रकार ठथ, उक्ष के तुल्य होनेसे, और धक्षउ कोण ठचथ के समान होनेसे, धक्ष, चठ के तुल्य है। जो कि गऋ, चठ, शहतीर गङ, चङ पर दबाव के निर्देशक हैं, और दक्ष, धक्ष रेखा भी उन्ही दबावों के निर्देशक हैं, इसलिये इससे यह सिद्ध

(1) Similar

होताहै कि, बहुभुज संस्थानमें जिसके सारे अङ्ग साम्या-वस्थामे हों प्रत्येक शहतीरपर दबाव, उनकी लम्बाई की दिशामे ऐसी रेखाओंसे निर्दिष्ट होतेहैं जो किसी निर्दिष्ट विन्दुसे उन शहतीरों के दिशाके समानान्तर खेंची जावें, और एक निर्दिष्ट खड़ी रेखा से सीमाबद्ध हों।

४। इसी रीतिसे यह भी दिखलाया जा सकता है कि खड़ी रेखा धख का धद, और दख अंश (जो शहतीरों के समानान्तर रेखाओं से काटे गए हैं) वफ, और गप के तुल्य हैं, जो उन शहतीरों से लटके हुए बोझ के निर्देशक हैं।

५। उल्लिखित चतुसन्धान से सारे बहुभुज संस्थान के, जिनके सब अङ्ग साम्यावस्था में हों, विविध दबाव निर्धारण करने की सुगम रीति निकलती है।

(चित्र ३)

कल्पना करो कि चित्र २ इस प्रकार का एक बहुभुज संस्थान है जो बो१, बो२, प्रभृति बोझों से, जो प्रत्येक कोण से लटके हुए हैं, साम्यावस्था में है, खड़ी रेखा झन खैंचो, और बो१, बो२, बो३, प्रभृति बोझों के अनुपात सम्बन्ध से उसके झट, टठ, ठड, प्रभृति अंश विभक्त करो, फेर झ, ट, ठ प्रभृति बिन्दु से, अक, कख, खग प्रभृति शहतीरों की दिशा के समानान्तर, रेखा खैंचो; वह संस्थान यदि साम्यावस्था में होगा तो ये सब रेखा ज बिन्दु पर मिलेंगी। झन पर जथ लम्ब खैंचो, तब जथ जोड़ क, ख, ग, प्रभृति पर पड़े धक्के का निर्देशक होगा। जझ, जट, प्रभृति रेखा उन शहतीरों पर जिनके वे समानान्तर हैं उनकी लम्बाई की दिशा मे दबाव की निर्देशक होंगी; झट, टठ, प्रभृति यथाक्रम कोणों पर खड़े बोझ के निर्देशक होंगे, और सारी रेखा झन समस्त बोझ की निर्देशक होगी*।

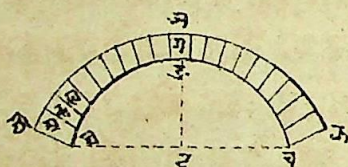
(१) महराबों की साम्यावस्था (२)

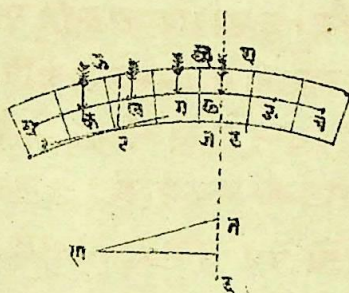
६। महराबों की साम्यावस्था निर्धारण स्वीकृत नियम

* चित्र २ मे जथ रेखा यदि त्रिज्या हो, तो जझ, जट प्रभृति कोण झजथ, टजथ प्रभृति की छेदन होंगी, और झथ, टथ प्रभृति स्पर्शरेखा होंगी। अर्थात् किसी बहुभुज संस्थान मे जिसके सब अङ्ग साम्यावस्था मे हों, पड़े धक्के को यदि त्रिज्या बनावें, तो किसी शहतीर पर उसकी लम्बाई की दिशा मे दबाव उस कोण की छेदन रेखा के तुल्य होगा जो कोण यह (छेदन रेखा) त्रिज्या के साथ बनाती है; और किसी जोड़ से लटका हुआ बोझ उन कोणों की स्पर्श रेखाओं के अन्तर के तुल्य होगा जो कोण कि दो शहतीर, जो उस जोड़ पर मिलते हैं, पड़ी दबाव निर्देशक रेखा अर्थात् त्रिज्या के साथ बनाते हैं॥

(1) Arches (2) Equilibrium

उसारादि होसकता है। कुठारखण्डाकृति[1] वस्तुओं की समष्टि महराब का लक्षण है, जिनमें से पहिली और पिछली (उक्त प्रकार) वस्तु दो खम्भों पर निहित और थमी हुई हैं, और बीच की सब परस्पर के दबाव से सन्धिस्थल में जो चूना वा चेप[2] लगाया जाता है उस से अपने२ स्थान पर स्थित हैं।

(चित्र ४)

चित्र ४ में अ, क, ख, प्रभृति उक्त कुठार खण्डाकृति वस्तु हैं; उनके मध्य का ग, अर्थात् जो महराब की चूड़ी[3] पर है उसे ताली[4] कहते हैं। महराब के नीचे का तल घ ड च, अन्तश्छेद[5] कहलाता है, और ऊपर का तल झ ज ऊ, बहिश्छेद[6] कहलाता है। घ और च बिन्दु, जहां अन्तश्छेद का खम्भ से योग होता है, उत्थान[7] कहलाते हैं, उनका अन्तर घ च पाट[8] कहलाता है; पाट के मध्य से अन्तश्छेद के मध्य का जो अन्तर ड ट है उसे महराब का उठाव[9] कहते हैं।

(1) Wedge-formed (2) Cement (3) Crown
(4) Keystone. (5) Intrados (6) Extrados

(चित्र ५)

७। चित्र ५ मे अ, क, ख प्रभृति ऐसे एक महराब की शृङ्खलाकृति ईंटें हैं जिसके सारे अङ्ग साम्यावस्था मे हैं। प्रत्येक ईंट पर तीन दबावों का कार्य्य है अर्थात उसके ऊपर जो भार है उसका और उसका अपना बोझ जिसका खड़ा दबाव है और दोनों पार्श्वकी ईंटोंके दबाव जो उनके संहित तलके लम्बकी दिशासे पड़ते हैं। जो कि ये सब दबाव साम्यावस्था मे हैं, इसलिये उनकी दिशाकी रेखाओंका ईंटके भीतर किसी एक बिन्दु पर समच्छेद होगा। मानो कि अ, क, ख, प्रभृति यथाक्रम ईंटोंके भीतर ये बिन्दु हैं, इन बिन्दुओंको मिलाने वाली रेखा अक, कख, खग प्रभृति खैंची जाय, तो वे (रेखा) उस दिशा की निर्देशक होंगी जिससे ईंटों का दबाव एक दूसरे पर पड़ता है, और अकख प्रभृति रेखा महराब के दबाव की

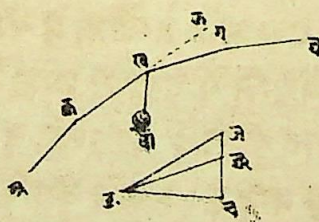
रेखा(१) कहलाती है। अब, यद्यपि एक ईंट का दबाव दूस-
रे पर, जैसे ख का ग पर, समस्त संहित तल जछ पर फै-
ला हुआ है, तथापि हमारे इस स्थल के कार्य के निमि-
त यदि हम ऐसा सोचें कि वह दबाव सारा उस बिन्दु
पर एकत्र हुआ है जिसपर दबाव की रेखा जोड़ जछ
को काटती है तो कुछ हानि नहिं होती, बात एक हि
रहती है; इसी प्रकार और सब ईंटों मे भी समझना चा-
हिये। तो यदि हम ऐसा कहें कि ईंटों का अपना और
उन्के ऊपर के भार का सारा बोझ अ क ख प्रभृति बिन्दु-
ओं मे एकत्र हुआ है (अथवा उन बिन्दुओं से लटका हु-
आ है), और वे बिन्दु सब दृढ़ शलाका अ क, क ख, ख ग
प्रभृति से (जिन्का अपना बोझ कुछ नहिं), जुड़े हुए हैं
तो इससे महराब की साम्यावस्था मे कुछ हानि वा
परिवर्तन नहिं होगा।

८। महराब के तत्त्व की इस प्रकार विवेचना करने
से, उसमे और बहुभुज संस्थान मे जिस्की भुजा अक,
कख, खग प्रभृति हैं, कुछ अभेद नहिं रहता; अतएव
शेषोक्त के नियम सारे पूर्वोक्त मे भी वर्तते हैं। इन
नियमों की उपपत्ति मे गणित शास्त्र के ध्रुवे और संज्ञा-
ओं की आवश्यता होती है, पर उन्को हम इस प्रस्ताव के
मध्य मे निविष्ट नहिं कर सकते क्योंकि वे साधारण बोध

(१) Line of pressure

गम्य नहि होंगे, अतएव उनका सिद्धान्त केवल हम यहां लिखदेते हैं। तद्यथा; महराब के साम्यावस्था मे होनेके निमित्त यह आवश्यक है कि, उसकी खड़ी गहराई किसी बिन्दु पर, उसकी (उसी बिन्दु पर) गोलाई की त्रिज्यासे व्यस्त अनुपात सम्बन्ध रक्खे, और उसी बिन्दु पर महराब की स्पर्श रेखा के समानान्तर रेखा के घन से अनुपात सम्बन्ध रक्खे। यथा, कल्पना करो कि चित्र ५ की महराब साम्यावस्थामे है, तो महराब के मस्तक ख पर स्पर्श रेखा के समानान्तर पड़ी रेखा ण ट खैंचो, और एक दूसरे बिन्दु [illegible] स्पर्श रेखा उछ के समानान्तर ण न रेखा खैंचो; तब मस्तक पर खड़ी गहराई खठ, ट बिन्दु पर खड़ी गहराई ऊट से यह सम्बन्ध रखती है, जो ठ बिन्दु पर महराब की त्रिज्यासे विभक्त णट रेखा का घन, ट बिन्दु पर महराब की त्रिज्यासे विभक्त ण न रेखा के घन से रखता है।*

---

* उक्त प्रतिज्ञा(१) की उपपत्ति यह है।

(चित्र ५)

(१) Proposition

कल्पना करो कि, चित्र ५ में, अकखगघ, एक महराब के (जिसे बहुभुज में-स्थान के नियमानुयायी समझना है) दबाव की रेखा का एक अंश है। ५वें परिच्छेद में जो नियम वर्णित हुआ उसके अनुसार जोड़ ख पर लटके हुए बोझ को यदि खड़ी रेखा जख से निर्देश करें तो कख, खग पर दबाव ङज, ङख से जो उनके समानान्तर हैं निर्दिष्ट होगा। जो कि यह नियम है कि त्रिकोण की प्रत्येक भुजा उसके सन्मुखवर्ती कोण की ज्या से अनुपात सम्बन्ध रखती है, इसलिये

$$\text{जख} : \text{जङ} : : \text{ज्या जङख} : \text{ज्या जखङ} ;$$

परन्तु ङखज कोण की ज्या वही है जो उसकी स्पूर्ति[1] ङखच की है, और कोण ङखच की ज्या उसकी कोटि[2] खङच की को॰ ज्या के समान है; और जङ कोण जङच की छेदन रेखा है, इसलिये

$$\text{जख} : \text{छेदन जङच} : : \text{ज्या जङख} : \text{को॰ ज्या खङच},$$

अथवा, $\text{जख} = \text{ज्या जङख} \cdot \text{छेदन जङच} \cdot \frac{1}{\text{को॰ ज्या खङच}};$

परन्तु, $\frac{1}{\text{को॰ ज्या खङच}}$ तुल्य है छेदन खङच के, अतएव

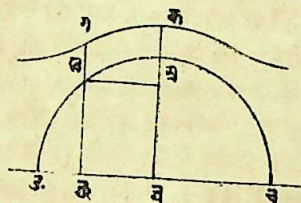
$$\text{जख} = \text{ज्या जङख} \cdot \text{छेदन जङच} \cdot \text{छेदन खङच}।$$

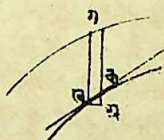
जो कि वस्तुतः दबाव की रेखा अकखगघ वक्र[3] है अर्थात् गोलाई में है, इसलिये बहुभुज की भुजा को बहुत ही छोटी माननी चाहिये, जिससे वह वक्र के साथ मिले, तब कुखग कोण जो जङख के तुल्य है, वक्र और उसकी स्पर्श रेखा का स्पर्श कोण[4] बन जाता है, जो अत्यन्त छोटे होने के हेतु अपनी ज्या का अनुपाती है, और दबाव की रेखा के ख बिन्दु पर वक्र की त्रिज्या से अनु-अनुपात सम्बन्ध रखता है; अतएव ज्या जङख $\frac{1}{\text{त्रि.}}$ की अनुपाती है (यहां त्रि. से ख बिन्दु पर वक्र की त्रिज्या समझनी चाहिये)। और जो कि जङख कोण, अर्थात् जङच और खङच कोणों का अन्तर बहुत ही अल्प है, इसलिये यान्त्र प्रयोग में दोनों कोणों को तुल्य समझना चाहिये, और इसी हेतु छेदन जङच को छेदन खङच के स्थानापन्न[5] लेलिया जा सकता है। पूर्वोक्त समीकरण में यदि इन आदेशों को ग्रहण किया जाय तो ऐसा बनता है

$$\text{जख} = \frac{\text{छेदन}^2 \text{ जङच}}{\text{त्रि.}}$$

अर्थात्, जो कि जख ख बिन्दु पर बोझ का निर्देशक है, और जङच वह कोण है जो ख बिन्दु पर वक्र की स्पर्श रेखा और पड़ी रेखा से बनता है, इसलिये इससे यह सिद्ध होता है कि साम्यावस्थ महराब के किसी बिन्दु पर खड़ा बोझ, उस बिन्दु पर वक्र की त्रिज्या से व्यस्त अनुपात सम्बन्ध रखता है ;

(१) Supplement (२) Complement (३) Curve
(४) Angle of contact (५) Equation
(६) Substitution

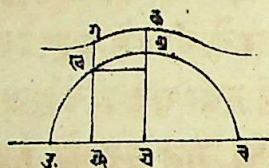
(चित्र ६)

६। गोल वृत्त के महराब मे ये नियम इस रीति से हो और उस विन्दु पर वक्र की स्पर्श रेखा और पड़ी रेखा से जो कोण बनता है उसकी छेदन रेखा के वर्ग से (वह बोझ) अनुपात सम्बन्ध रखता है।

(चित्र*)

*चित्र ६ में महराब खक के किसी छोटे भाग पर जो खड़ा बोझ पड़ता है वह उसकी ऊंचाई खग से गुणित भूमि खग्र का अनुपाती होता है, और

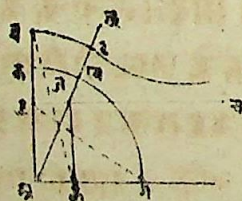
$\text{खग्र} : \text{खक} :: \text{त्रि०} : \text{छेदन कखग्र}$, अथवा त्रि० १ होने से

$$\text{खग्र} = \frac{\text{खक}}{\text{छेदन कखग्र}};$$

अब बोझ यदि सर्व्वत्र समान समझा जाय तो खग, खग्र से व्यस्त अनुपात सम्बंध रखता है अर्थात् $\text{खग} = \frac{\text{छेदन कखग्र}}{\text{खक}}$, अथवा जोकि खक सर्व्वत्र समान है, इसलिये खग, छेदन कखग्र का अनुपाती है; पर कखग्र वह कोण है जो वक्र के ख विन्दु पर स्पर्श रेखा, और पड़ी रेखा से बनता है, और चित्र ५* मे जउच भी वही है, इसलिये छेदन कखग्र, छेदन जउच के तुल्य है, और महराब पर खड़ा बोझ यदि सर्व्वत्र समान डालना हो, तो खग, छेदन जउच का अनुपाती होगा; परन्तु यह दिखलाया गया कि बोझ, $\frac{\text{छेदन जउच}}{\text{त्रि०}}$ का अनुपाती होना चाहिये, और इसलिये खग को $\frac{\text{छेदन जउच}}{\text{त्रि०}}$ का अनुपाती होना चाहिये अर्थात्, साम्यावस्थ महराब के किसी विन्दु पर खड़ी ऊंचाई (अर्थात् मोटाई) को, महराब के उस विन्दु पर वक्र की त्रिज्या से व्यस्त अनुपात सम्बन्ध, और उस विन्दु पर स्पर्श रेखा और पड़ी रेखा से जो कोण बनता है उसके छेदन के घन से अनुपात सम्बन्ध, रखना चाहिये।

होते हैं, कि चित्र ६ मे, किसी बिन्दु पर खड़ी गहराई खग, नाली अक को त्रिज्या अच के घन से गुणन करके, व्यास ऊच से ख बिन्दु की खड़ी ऊंचाई खक के घन से विभाग करने से जो लब्धि हो उस के तुल्य हो।

(चित्र ७)

१०। अण्डाकृति वृत्त के महराब मे उक्त नियम तब सच्चे होते हैं जब कि किसी बिन्दु ख पर खड़ी गहराई खग (चित्र ७ मे देखो), नाली की गहराई अक को लघु व्यासार्ध अच के घन से गुणन करके हृद व्यास ऊच से ख बिन्दु की खड़ी ऊंचाई खक के घन से विभाग करने से जो लब्धि हो, उसके तुल्य हो।

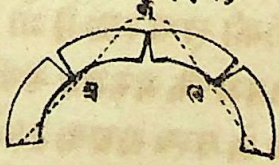
११। गोल वृत्त के महराब का (जिसके सारे अङ्ग साम्यावस्था

(चित्र ८)

मे हों) वहिछेद रेखा गणित की रीति से इसप्रकार नि-
र्धारित हो सकती है,

चित्र ८ मे कखग एक गोल हजार्ड का आधा महराव
है जिसका केन्द्र ग्र है, और कघ उसकी नाली की गहराई
है; तब खड़ी रेखा ग्रक मे ङ विन्दु ऐसी लो कि गङ ग्र
घ के तुल्य हो, और ङ के वीच से पड़ी रेखा ङच खेंचो।
तब किसी विन्दु ख के वीच से ग्रछ रेखा केन्द्र ग्र से खेंचो,
और ज के वीच से जहां यह ङच रेखा को काटती है झ
पर लम्ब जझ खेंचो, तब ग्रट को झघ के समान बनाओ,
और ट विन्दु महराव के वहिछेद का एक विन्दु होगा; इसी
प्रकार जितने विन्दु चाहो निकल सकते हैं, और उन वि-
न्दुओं पर रेखा खेंचने से वहिछेद की रेखा वनजाती है।

१२। जिस महराव मे उक्त नियम पूरे हों वह सम्पूर्ण
साम्यावस्था मे होगी, अर्थात् उसके प्रत्येक अंश पर समा-
न दबाव पड़ेगा और कोई भाग अन्य की अपेक्षा अधि-
क न दबेगा। इस प्रकार अवस्थापन्न महराव मे यदि
ईंटों के संहित तल सारे अन्तर्छेद के लम्ब पर हों, तब
दबाव की रेखा संहित तलों के केन्द्र मे से जावेगी, और
सबों को प्रत्येक के लम्ब की दिशा मे काटेगी। परन्तु व्य-
वहार मे ऐसा बहुत कम होता है, वरञ्च कहना चाहि-
ये कि कोताहि नहिं, दबाव की रेखा न तो महराव के आड़ी

के केन्द्रोंमेसे जाती है, न उसकी दिशा उनके लम्बमे होती है; इसलिये यह अनुसन्धान भी वाञ्छनीय है कि उक्त नियम कहांतक टूटनेसे निर्माण के स्थायित्वमे हानि नहि होती। जब कि कोई महराब ऐसी साम्यावस्थामे हो, और उसके लम्भों के गिरने की भी सम्भावना न हो, तो उसका गिरना उसकी उपादान सामिग्री के चूर्ण हुए विना सम्भव नहि, सो इस अवस्थामे महराब के बल की अवधि उसकी उपादान सामिग्री की संश्लेश शक्ति है। पर जब कोई महराब साम्यावस्थामे न हो तो यह दो प्रकार से गिरसकती है। एक तो ईंटें एक दूसरे के पास से फिसल जाती हैं जिससे उनके स्थान का अतिक्रम होजाता है; और दूसरे किसी २ जोड़ पर उनका मुंह खुलजाता है, जैसे कि चित्र ९ और १० मे, अर्थात महराब के तीन चार स्थानों मे दरार आजाती है जिससे वह किसी २ जोड़ के भीतर वा वाहर की नोक पर फटकर तीन चार हढ़त भागोंमे विभक्त होजाती है। महराब की ईंटें तो परस्पर फिसल नहि सकतीं जब तक कि दबावकी रेखा और संहित तलोंकी लम्ब रेखा से जो कोण बने वह उस मसाले के, जिससे कि महराब बनी हो "विरोध की अवधि" के कोण के तुल्य अथवा उससे अधिक न हो, यह विरोध की अवधि पत्थर मे प्रायः ३०° है (स्थिति और

गणिततत्वका ५८ पृ० देखो), और जो कि यह उस कोण से न्यून अधिक है जो कि दबाव की रेखा और जोड़ों के लम्ब से कभी बने, सो ईंटों के फिसलने से तो महराब के गिरने का भय नहि; अधिकन्तु ईंटों के बीच में जो चूना या मसाला लगाया जाता है, और कभी २ उनके बीच में वैरें[1] भी दे दिये जाते हैं इससे ईंटों के फिसलने से महराब के गिरने की सम्भावना और भी कम होजाती है। महराब के गिरने का जो दूसरा प्रकार है, जो प्रायशः दृष्ट भी होता है, वह तब संघटित होता है जब कि "दबाव की रेखा" महराब से बाहिर निकल जाती है। दबाव की रेखा जोड़ों के केन्द्र से जितनी अधिक दूर होगी, उतनीहि महराब के [illegible] में न्यूनता होगी, पर जब तक वह जोड़ों के किसी अंश में से होकर जावे, अर्थात् उनसे सम्पूर्ण बाहिर न हो, तबतक महराब अचल रहेगा, जिस क्षणमें वह जोड़ों से बाहिर निकल जाती है, उसी क्षणमें महराब चलायमान होजाती है, दबाव की रेखा के निकले हुए अंश के निकट जो जोड़ हैं वे [illegible] जाते हैं और महराब गिर पड़ती है। (चित्र ६)

(१) joggles.

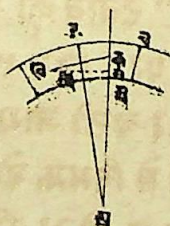
(३) जैसे कि चित्र ९ में, महराब के मस्तक पर अतिरिक्त बोझ रखदेने से, दबाव की रेखा का रूपान्तर होजाता है, और वह क पर बहिश्छेद से बाहर निकल जाती है और अ ब पर अन्तश्छेद से ऊरे आजाती है तब उन चिन्हों के पासके जोड़ों पर चार भागों मे महराब विभक्त होजाती है और वे भीतर की ओर नोक अ, ब, पर फिरते हैं और बाहर की ओर नोक क पर; मस्तक सन्निकट भागों पर महराब बैठती है और स्तम्भ सन्निकट भाग ऊंचे होजाते हैं। (चित्र १०)

(४) पर यदि महराब के मस्तक पर यथोचित बोझ से न्यून हो, तो "दबाव की रेखा" अन्तश्छेद से ऊरे निकल आवेगी क पर (चित्र १० देखो), और अ, ब, पर बहिश्छेद से बाहर चली जायगी और महराब इसी प्रकार चार भागों मे विभक्त होगी, पर अब अ ब बाहर की नोक पर, और क भीतर की नोक पर फिरेगी, और म-

तक सन्निहित भाग ऊंचे होंगे और तक्ष सन्निहित भाग नीचे गिरेंगे।

(१५।) इस व्याख्यान से यह जाना जाता है कि जब हम महराब की साम्यावस्था के नियम को इतने हर भङ्ग करें कि दबाव की रेखा अन्तश्छेद वा बहिश्छेद के निकट आजाय तो महराब के स्थायित्व की अवधि पर हम आजाते हैं पर वह रेखा जोड़ों के केन्द्र के जितने निकट होगी उतनाही महराब का स्थायित्व अधिक होगा।

(१६।) १ परिच्छेद में प्रतिपन्न होचुका है कि जब किसी महराब के सारे अङ्ग साम्यावस्था में हों तो पड़ा धक्का प्रत्येक जोड़ पर समान होता है, अतएव महराब की ताली पर जो लम्ब धक्का है वह तक्ष पर पड़े धक्के के तुल्य होता है। इस धक्के के परिमाण निरूपण करने के निमित्त

(चित्र ९)

कल्पना करो कि चित्र ११ में उ च छ य एक महराव की नाली है जिसका केन्द्र अ है; और इस नाली की ईंट की अकेलि छिन ईंट पर दबाव की रेखा की दिशा ख क है जो जोड़ उ ऊ पर लम्ब है; और नाली और उसके ऊपर के भार, का आधा बोझ क ग रेखा से निर्दिष्ट होता है; तब उ ऊ जोड़ पर पड़ा धक्का ख ग होगा; अर्थात्, जो सम्बन्ध कि क ग रखेगा आधी नाली के बोझ से वही सम्बन्ध ख ग रखेगा उस पर पड़े धक्के से। जो कि त्रिकोण अ ऊ व, त्रिकोण ख क ग का सजातीय(१) है, इसलिये ऊ व : क ग : : अ व : ख ग, अधिकन्तु आधी नाली पर बोझ, उसकी (फुटों में) आधी चौड़ाई के तुल्य है, अर्थात् प्रत्येक फुट पर बोझ से गुणित ऊ व के तुल्य है; और अ व, मस्तक पर महराव की त्रिज्या है; इसलिये

ऊ व : नाली के प्रत्येक फुट पर बोझ से गुणित ऊ व : : महराव की त्रिज्या : नाली पर पड़ा धक्का अर्थात् जो महराव कि साम्यावस्था में है उसकी नाली पर पड़ा धक्का; (फुटों में) त्रिज्या गुणित (उसके तल के एक फुट पर) बोझ के तुल्य होगा।

२०। महराव के मस्तक पर पड़े दबाव के रोकने की शक्ति, नाली की गहराई और जिस मसाले (उपादान) से महराव बना हो उसके संश्लेष शक्ति की न्यूनाधिकता के

(१) Similar

अनुसार, न्यूनाधिक होती है। अतएव महरावका स्थायित्व, मसालेकी संश्लेष शक्ति गुणित नालीकी गहराई का अनुपाती है, और अपने तलके प्रत्येक फ़ुट पर बोझसे गुणित वक्रकी त्रिज्या से व्यस्त अनुपात सम्बन्ध रखता है* ।

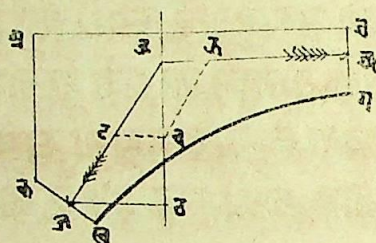
(१८) लकड़ी वा लोहे की महराव सुदृढ़ होती है अर्थात् उसका आकार परिवर्तन शील नहि होता; इसलिये दबाव की रेखा अथवा महरावकी साम्यावस्था का इसमे विचार नहि होता। इसप्रकार महराव को ऐसे दो भागों की समष्टि समझना चाहिये कि जिनका निचलासिरा खम्भ पर टिका हुआ है और ऊपरलासिरा मस्तक पर एक दूसरेके सहारे। उसके स्थायित्वनिरूपण करने के निमित्त केवल इतना जान लेनाहि आवश्यक है कि मस्तक पर उन दो भागोंका पड़ा दबाव एक दूसरे पर कितनाहै, और प्रत्येक का अपने खम्भ पर उसकी लम्ब दिशामे

* महराब के मस्तक के वक्र की त्रिज्या को यदि त्रि॰ से निर्देश करें, नाली की गहराई को ग॰ से, महराब की चौड़ाई को च॰ से, (सब फ़ुटों के हिसाब से); तथा नाली के प्रत्येक वर्ग फ़ुट पर उसके अपने और दूसरे बोझ को बो॰ से, नाली पर पड़े दबाव को द॰ से, और महराब के मसाले के वर्ग फ़ुट को चूर्ण करने वाले बोझ को चू॰ से, निर्देश करें, ये सब पौण्डों मे, (पौण्ड आध सेर का होता है) तो

$$द = त्रि\ च\ बो;$$

और महराब का स्थायित्व $\frac{ग\ चू}{त्रि\ बो}$ का अनुपाती होगा; यह ध्रुवा यह बताता है कि महराब पर दबाव उस दबाव से कितना गुण कम है जिससे नाली चूर्ण होकर महराब गिर जा सकती है।

कितना दबाव है। यथा;

(चित्र १२)

चित्र १२ मे कल्पनाकरो कि अकखगघ लोहे का आधा पुल (सेतु) है, च उसका गुरुत्व-केन्द्र है, और उचठ बोझ के दबाव की खड़ी दिशा है; खड़े जोड़ घग के मध्य से उसकी लम्ब दिशा मे उ.छ रेखा खेंचो, और उत्थान कख के मध्य से उसकी लम्ब दिशा मे उ.ज रेखा खेंचो; तब महराब के सम्यक् रूप से थमे रहने के निमित्त, इन दोनों रेखाओं का, गुरुत्व केन्द्र की खड़ी रेखा उ.ठ के किसी बिन्दु उ. पर समच्छेद होगा; और ऐसा होने से, यदि उ.च रेखा आधे महराब अकखगघ के बोझ की निर्देशक हो, तो उ.क रेखा उ.छ दिशा मे जोड़ घग पर दबाव की निर्देशक होगी, और उ.ट रेखा उ.ज दिशा मे लम्ब कख पर दबाव की निर्देशक होगी। तो, सजातीय त्रिकोण होने से

उ.ऊ : जठ : : उ.च : उ.ठ,

और जो कि जठ रेखा आधे महराब के गुरुत्व केन्द्र का

उत्थान से पड़ा अन्तर है, और उक्त रेखा मेहराब का उठाव, अर्थात् उत्थान से मस्तक की खड़ी ऊंचाई है, इसलिये, जो सम्बन्ध कि, आधे मेहराब के गुरुत्व-केन्द्र और उसके उत्थान का पड़ा अन्तर, मेहराब के उठाव से रखता है; वहि सम्बन्ध खम्भ वा मस्तक पर पड़ा दबाव, आधे मेहराब के बोझ से रखता है।

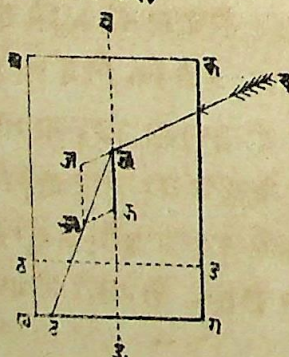
खम्भ और दिवालों की साम्यावस्था

(१५) खम्भ[1], पार्श्वखम्भ[2], अथवा दिवालों पर जो बाहर का बोझ पड़ता है अथवा मेहराब, मट्टी वा पानी का दबाव वा धक्का लगता है, उसके नियमों का अब वर्णन किया जाता है। दीवाल और पार्श्वखम्भों पर प्रायशः दो प्रकार के दबाव होते हैं, एक तो उनके अपने बोझ का जो गुरुत्वकेन्द्र[3] से होकर खड़ी[4] दिशा में पड़ता है, और दूसरा बाहर के बोझ का जो उन्हें सहारना पड़ता है। और इन दबावों के परिमाण और दिशा के फल[5] पर खम्भादिकों का स्थायित्व निर्भर करता है। वे तीन प्रकार से गिर सकते हैं; एक तो दीवाल वा खम्भ के दो भाग होकर एक भाग दूसरे के पास से सरक जाता है; दूसरे, उसी प्रकार विभक्त होकर ऊपरला भाग एक नोक पर से लौट जाता है; तीसरे ऊपरोंके[6]

(1) Piers. (2) Abutment. (3) Centre of Gravity (4) Vertical (5) Resultant. (6) Masonry

संश्लेष[1] अपेक्षा दीवाल पर बोझ अधिक होनेसे ईंट प्रभृति उपादान चूर्ण होजाता है। दीवाल वा स्तम्भ यदि पेसे दृढ़ होवें कि उनके भग्न वा चूर्ण होने की सम्भावना न हो, तथापि वे उक्त तीन प्रकारोंमेसेदि किसी न किसी प्रकारसे गिरेंगे, यथा, नींव परसे दीवाल का सरक जाना, वा किसी निचले नोक पर उसका लौट जाना, अथवा नींव के नीचेकी भूमिका दब जाना वा सरक जाना। यथा;

चित्र १३ और १४ मे कखगघ दो दीवालें हैं, प्रत्येक दिवाल एक दबाव को, जिसकी दिशा च ज है, सहारती है; चड खड़ी रेखा है जो गुरुत्वकेन्द्र मे होकर जाती है, छ वह विन्दु है जहां यह खड़ी रेखा दबाव की रेखाको काटती है; छझ रेखा दीवाल के बोझकी और छञ दबाव के परिमाण की निर्देशक है; तब कर्ण छञ, छट -

(चित्र १३)

[1] Cohesion

दिशामे उनके फल की निर्देशक होगी। अब कल्पना क-
रो कि ठड दिवाईका जोड़[1] है, इस जोड़ मे जो लेपका
संश्लेश है उसकी यदि विवेचना न करें और कोण टछ-
ड (जो कि उन फल और दीवालके बोझ की खड़ीरेखा
से बनता है) यदि "विरोध की अवधि के कोण" से अ-
धिक हो तो दीवालका उपरला भाग अकठड, निचले
भाग ठडखग परसे सरक जायगा; और (लेपके संश्लेशकी वि-
वेचना करनेसे) यदि लेपका संश्लेश इतना हो कि वह दीवा-
लके उन भागोंको पृथक् न होनेदे तो सारीदिवाल अकखग
भूमि खग पर सरक जायगी; परन्तु यदि वह कोण जो फल अ-
ट और जोड़ोंके लम्बसे बनताहै "विरोधकी अवधिके कोणसे"
न्यून हो तो दीवाल अथवा उसके भाग उस प्रकार से सर-
क नहिं सकते, और दीवाल का क्रम का स्थायित्व इस
विषय मे अधिकतम होगा जब कि फल अटकी दिशा
सारे जोड़ और भूमि खग से लम्ब पर होगी।

२०। फल अट दीवाल की भूमि[2] पर नगिर के यदि भु-
जा[3] खग को काटे, जैसे कि चित्र ४ मे, तो निकटवर्ती
जोड़ ठड पर दीवालका उपरला भाग पृथक् हो जायगा
और वह भाग नोक ड पर लौट कर गिर पड़ेगा, पर लेप-
का संश्लेश यदि इतना अधिक हो कि दीवालका कोई
जोड़ पृथक् न होसके तो सारी दीवाल अकखग गिरती

(1) Joint (2) base (3) side

नोक ख पर लौट पड़ेगी।

(चित्र ४)

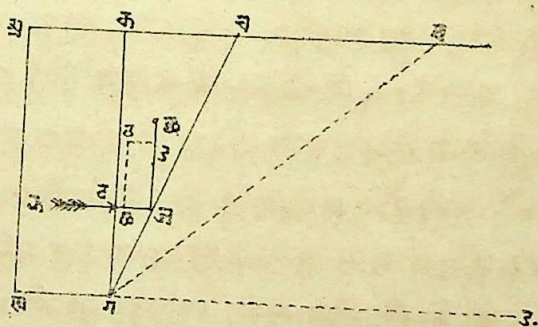
परन्तु फल यदि दीवाल के भीतरहि रहे और भूमि खग को काटे तो वह गिरेगी नहि, और फल यदि भूमि को मध्यमे काटे तो दीवालका स्थायित्व अधिकतम होगा।

२१। फल का भूमि को मध्यमे काटना और उसपर लम्ब होना, ये दोनो नियम पूर्ण होनेसे भी, दीवाल वा स्तम्भ, उपादान के चूर्ण होनेसे अथवा नीव की भूमि के बैठ जानेसे, गिर सकते हैं यदि फलका परिमाण उस परिमाण से अधिक हो जो कि दीवाल के उपादान वा नीव की भूमि सहार सकते हों।

२२। बाहर के दबाव जो दीवालों पर पड़ते हैं वे या तो मेहराव के धक्के या छतकी धरनीरों के होते हैं जिनके निर्धारण करनेका उपाय हम पहिले वर्णन कर चुके हैं।

(१)
आड़ की दीवालों पर मट्टी वा पानी का आड़ा धक्का लगता है जिसके नियमों का वर्णन आगे होता है।

दीवालों पर मट्टी वा पानी का दबाव।

२३। जब कि किसी प्रकार की मट्टी की ढेरी लगाई जाय तो उसके पार्श्वों मे एक प्रकार की ढलामी होजाती है जिसे "स्वाभाविक ढलामी" कहते हैं और जिसका झुकाव "विरोध की अवधि के कोण" के तुल्य होता है, अर्थात उस कोण के जिस पर आकर उसी प्रकार की मट्टी की ढेरी से मट्टी गिरने लगती है तुल्य होता है।

(चित्र १५)

२४। जब कि दीवाल से थमी हुई कोई मृत्तिका राशि (जैसे कि चित्र १५ मे) इस हेतु से गिरने लगती है कि दीवाल मे उसके थामने का सामर्थ्य नहि, तो देखा जाता है कि वह किसी तेज़ गच पर पृथक होती है,

(१) Retaining walls

(1)
और मत्तिकाकी त्रैकोणिक घन" कचक तेड़ चग पर सरकता है और पी ठक ग पर दबाव से दीवाल को गिरा देता है। कल्पना करो कि, चग वह सलामी है जिसपर मट्टी स्थक होती है, और कचग मत्तिका राशि सरकने वाली है, अथवा दीवाल की रोक से ऐसी साम्यावस्था में है कि कुछ थोड़ीसी मट्टी और होने से अवश्य गिर पड़े। इस अवस्था में मत्तिका राशि कचग पर दो दबावों का कार्य्य है एकतो उस राशिका बोझ जो खड़ी रेखा खज पर कार्य्य करता है, और एक दीवालका रोक जिसका कार्य्य छज दिशा में है। सो उक्त बोझ को यदि हम ठज से निर्देश करें और दीवाल की रोक को छज से, तो कर्ण हज उनका "फल" होगा, और चग तेड़पर कचग त्रैकोणिक घन के दबाव का निर्देशक होगा। जो कि यह घन उस तेड़ पर सरकने वाला है इसलिये हज, और चग तेड़ या लम्ब से जो कोण बनेगा वह "विरोध की अवधि के कोण" के तुल्य होगा। अब, जो कि मत्तिका राशि कचग का बोझ उस अङ्क के तुल्य है जो कि कग को अर्द्ध कच से और एक घन फुट के बोझ से गुणन करने से आता है, इसलिये चग की जितनी अधिक सलामी होगी उतनीहि कच रेखा लम्बी होगी और उतनाहि वह मट्टी का बोझ भी अधिक होगा

(1) Prism

जो दीवाल को सहारना पड़ता है, और उसी प्रकार ड ज रेखाकी लम्बाई जो उस बोझकी निर्देशक है अधिक होगी। परन्तु चग की ज्यों२ अधिक सलामी होगी त्यों२ ठ ज खड़ी रेखा छज के निकट आवेगी और छज रेखा जो दीवाल पर मट्टी के दबाव की निर्देशक है वह भी छोटी होती जायगी। इससे यह सिद्ध होता है कि चग तेत्र की एक सलामी ऐसी है जो किसी अन्यकी अपेक्षा दीवाल पर अधिक दबाव डालती है, और (परीक्षा से) विदित हुआ कि यह सलामी तब होती है जब कि कोण कगच उस कोण का आधा होता है जो कि मट्टीकी "स्वाभाविक सलामी" कग और खड़ी रेखा से बनता है, जब कोण अगड विरोध की अवधि का कोण होता है। अब यहां सिद्ध किया जासकता है कि त्रिकोण ठडज त्रिकोण चकग का सजातीय है, और इस हेतु कग यदि कचग राशि के बोझ की निर्देशक हो तो कच दीवाल पर उसके दबाव की निर्देशक होगी, अर्थात्, मट्टी का बोझ: दीवाल पर उसके दबाव (से वह सम्बन्ध रखता है): : (जो सम्बन्ध कि) दीवाल की ऊंचाई: कच (से रखती है)। और जो कि मट्टी का बोझ, उस अङ्क के तुल्य है जो दीवालकी ऊंचाई को, अर्द्ध कच से, और उसको एक घन फ़ुट मट्टीके बोझसे गुणन करने से नि-

सकता है, इसलिये इससे यह सिद्ध होता है कि दीवाल पर मट्टी का दबाव एक घन फ़ुट मट्टी के बोझ से गुणित अर्द्ध क च वर्ग के तुल्य है।

२५। एकसी मट्टी होने से, क च दीवाल की ऊंचाई के साथ सर्व्वदा वह सम्बन्ध रखती है, जो सम्बन्ध कि भिन्न प्रकार मृत्तिका के निमित्त निम्नलिखित प्रकोष्ठ के चतुर्थ स्तम्भ में निर्दिष्ट हुआ है जब कि दीवाल की ऊंचाई को १ समझा गया है, और पांचवें स्तम्भ में एक घन फ़ुट मट्टी के बोझ से गुणित इस भग्नांश के वर्ग का अर्द्ध लिखा हुआ है। अतएव विभिन्न प्रकार मृत्तिका से दीवाल पर जो दबाव पड़ता है उसके निर्धारण करने के निमित्त इतना ही आवश्यक है कि दीवाल की ऊंचाई के (फ़ुटों के) वर्ग को निम्नस्थ प्रकोष्ठ के शेष स्तम्भ के अङ्कों के साथ गुणन किया जाय, तो गुण-फल दबाव का परिमाण (पौण्डों* में) होगा, जो दीवाल को ट बिन्दु पर (चित्र १५ में देखो) जो दीवाल की जड़ से तिहाई ऊंचाई पर है, धकेलेगा।

---

* पौण्ड प्रायः आध सेर का एक अंगरेज़ी वज़न है।

मृत्तिका का प्रकार	एक घन फुट मृत्तिका का बोझ (पौंडों में)	विरोध की अवधि का कोण = अ ग उ.	क च का मूल्य जब कि दीवाल की ऊंचाई १ है	नित्य गुणक
बारीक सूखी रेत (बालू)	९४ ११५	३०° ० ३० ०	·५७७ ·४८८	१५·६६६ १२·९३९
पत्थर का चूरा (शुष्क और विखरा)	१०८	३५ ०	·४७७	१२·०५८
साधारण मृत्तिका (शुष्क और चूर्ण)	९४	४२ १०	·४३२	८·८१५
तथा — (किञ्चित् आर्द्र, अर्थात् अपनी स्वाभाविक अवस्था में)	१०६	५४ ०	·३२५	५·५९५
मृत्तिका — (अत्यन्त गीली और दृढ़)	१२५	५५ ०	·३१५	६·२१२

रङ्कीन नियमानुसार जो अङ्क निकलते हैं वे उस सक्रिय(१) दबाव के निर्देशक होते हैं जो कि मट्टी दीवाल पर डालती है जिससे वह ल विन्दु पर उलट जावे, इन्हें उस निष्क्रिय(२) विरोध के निर्देशक न समझना चाहियें जिससे विरुद्ध दिशा में ग विन्दु पर दीवाल गिरने से रुकती है। पहिली अवस्था में, जब कि दीवाल हिलने वाली होती है तब मृत्तिका राशि क च ग तल देश च ग पर नीचे फिसलने लगती है और दीवाल को सामने धकेलती है, परन्तु दूसरी अवस्था में जब कि दीवाल हिलने-वाली होती है, तब वह मृत्तिका राशि उस तल देश च ग पर ऊपर को उछलने लगती है। इस कल्पना पर कोण

(१) Active (२) Passive

(१)
कगर अपने पहिले मूल्य की कोटि के तुल्य होजाता है, और इसलिये कच के इस नये मूल्य पर गणना करने से जो विरोध का परिमाण निकलेगा वह इसीयेला बहुत अधिक होगा। परन्तु इसप्रकार गणना करने से जो इस विरोधका परिमाण निकलता है वह उस परिमाण से बहुत अधिक है जितना कि अवहारमे निःशङ्क ग्राह्य समझा जाता है; क्योंकि भूमि खटकन होनेसे बैठ जाती है और गणना से वह जितना विरोध करसकती है उस विरोध के आरम्भ होनेसे बहुत पूर्व वह दीवालको हिलने देती है।

२५। जो दीवालें कि जलकी आड़ हैं, जैसे घाट[2] और जहाज़ों के घेरे[3] या स्त्रियों के नहाने के घेरे, उनके सारे पृष्ठ पर जल के दबाव का 'फल' जल के उपरिभागसे गहराई की दो तिहाई पर आड़ा धक्का होता है, और उस धक्के का परिमाण पानी की सारी गहराई के (फुटों के) वर्ग को ३१.२५ से गुण करने से (पौण्डों मे) मिलता है। इसी नियम से जल के फाटक, किवाड़ और किसी खड़े वस्तु के पृष्ठ पर जल के दबाव का परिमाण निकलेगा। पानीका दबाव उसकी गहराई के अनुसार बढ़ता जाता है, और उस अङ्क के तुल्य होता है जो गहराई (के फुटों) को ६२½ पौण्डों से

(1) Complement (2) quay (3) dock

(जो कि (घन फुट पानी का माप है) गुणन करने से
मिलता है; इसलिये किसी वस्तु के पृष्ठ पर, जो पा-
नी में डूबा हुआ है, (चाहे खड़ा हो चाहे पड़ा, चाहे
झुका हुआ) दबाव निर्धारण करने के निमित्त हमें
केवल उसके पृष्ठ मान(१) (के वर्ग फुटों) को, उस (वस्तु)
के गुरुत्व केन्द्र की, (पानी के उपरि भाग से) गहराई
के फुटों से, और उसको ६२½ से गुणा करना है।

जो दीवारें पानी की आड़ हैं उन पर सक्रिय दबा-
व और निष्क्रिय विरोध समान होते हैं।

(२) प्रलम्बित सेतुओं की साम्यावस्था

३०। प्रलम्बित या लटके हुए पुलमें लौह शृङ्-
खलों के बल से सड़क थमी हुई होती है। शृङ्खल की
कड़ीयें(३) सीधी होती हैं, पर उनके संयोग से जो शृङ्-
खल बनती है वह धनुषाकार वक्र रूपसे नदी या ना-
ले के आर पार लटकाई जाती है और उसकी कड़ियों
के प्रत्येक जोड़से लोहे की छड़ीयें खड़ी लटकाई
जाती हैं जिन पर सड़क के तख्ते सीधे टंके जाते हैं।
जो कि शृङ्खल का आकार अपरिवर्तनीय नहीं है, प-
रन्तु अपनी कड़ीयों के प्रत्येक जोड़ पर वह मुड़ स-
कती है, इससे जाना जाता है कि प्रलम्बित पुलकी

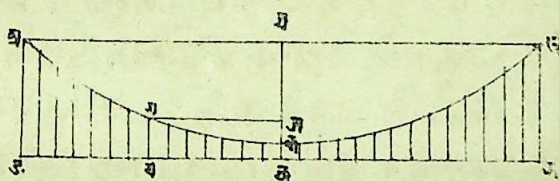
(१) area (२) Suspension Bridges
(३) Links

शृङ्खल चाहे कोई आकार धारण करे सर्वदा साम्याव-
स्थामे रहती है। जो शृङ्खल इस प्रकार अवस्थापन्न है
उसे और चित्र २ के बहुभुज संस्थान मे, यदि उसे उ-
ल्टा हुआ समझ लेवें, कुछ विशेष नहि, सिवाय इसके
कि बहुभुज संस्थान पर जो दबाव पड़ता है वह शह-
तीरों को परस्पर भींचता है, और लटके हुए पुलके
शृङ्खल पर जो दबाव पड़ता है वह उसकी कड़ीयोंको
तोड़कर परस्पर वियुक्त करना चाहता है। अतएव ए-
क के सारे स्वभाव दूसरे मे भी वर्त्तते हैं; और कोणोंसे
जो बोझ लटके हुए हैं, शहतीरों अथवा कड़ीयों प-
र जो दबाव पड़ता है, और पड़ा धक्का, इनमे जो पर-
स्पर सम्बन्ध बहुभुज संस्थान के प्रकरण मे वर्णन
किये गये, ठीक वेहि सम्बन्ध प्रलम्बित पुलके बोझ
प्रभृति के विषय मे जानने चाहिये। परन्तु इन स-
म्बन्धोंमे प्रलम्बित पुलके साम्यावस्था विविध अ-
ङ्गोंके यथा[1]रूप परिमाण ज्ञापक नियम निर्धारण
करने की गणना मे गणित शास्त्र की ऐसी कठिन
संज्ञा और [2]साध्यों की आवश्यकता होती है कि,
प्रकरण क्लिष्ट होजाने के भयसे, उनका इस पुस्तक
मे सन्निवेश अकर्त्तव्य समझा गया। पर जिस२ अव-
स्थामे स्थायित्व का आघात न हो उसका वर्णन किया

(1) *Proportional* (2) *Propositions*

जायगा। सो विविध अङ्गोंके परिमाण निर्धारक नियम (इनकी उपपत्ति को छोड़कर) हम यहां लिखते हैं।

३८। अलम्बित-सेतु के शृङ्खलों पर तीन प्रकार के बोझ होते हैं; यथा, १ उनका अपना बोझ जो शृङ्खलों की लम्बाई, मोटाई और झुकाव पर निर्भर करता है, २ शृङ्खल और पुलके तख्तों के मध्यवर्ती और उनके संयोजक डण्डीयोंका बोझ, जो कि डण्डीयों की लम्बाई पर निर्भर करता है, और ३ पुलके तख्ते अर्थात सड़क और उस पर जो भार हो, जो सर्वत्र समान बिछाया जाता है, उनका बोझ।

(चित्र १९)

चित्र १९ एक अलम्बित सेतु है; उऊ तख्ते की सड़क है; और अगकख शृङ्खल का वक्र[1] है; अ और ख बिन्दु, जहां शृङ्खल का सिर खम्भोंसे लगा हुआ है, आलम्बन बिन्दु[2] कहलाते हैं; सेतु के मध्यसे इन बिन्दुओं का अन्तर अघ, खघ, अर्द्ध-प्रादेश[3] कहलाते हैं; और

(1) Curve (2) Points of suspension
(3) Semi span

आलम्बन विन्दुके नीचे शृङ्खलका निम्नतम विन्दुका ख-
ड़ा अन्तर वक्र अतिचार (१) कहलाता है; शृङ्खलों को
किसी स्थल पर आड़ा काटने से जितना क्षेत्र उनका छे-
द जाता है उसके क्षेत्रफल (के वर्ग इञ्चों) को, उस स्थ-
ल पर "शृङ्खलोंका परिच्छेदमान (२)" कहते हैं।

प्रलम्बित पुलमें पहिले यह निर्धारण करना आ-
वश्यक है कि शृङ्खलों का वक्र [illegible] का आकार
का होगा क्योंकि पुल के सब प्रधान अङ्गोंका परिमा-
ण उसी पर निर्भर करता है। इसके निर्धारण के निमि-
त्त अर्द्ध-प्रक्षेप मध्य की लम्बाई, अतिचार वक्र, औ-
र शृङ्खल के निम्नतम विन्दु से सड़क का अन्तर अथ-
वा सबसे छोटी डण्डी की लम्बाई कक्ष जानना आव-
श्यक है; ये विदित होने से वक्र के जितने विन्दुओं का
निश्चय करना हो वह निम्न लिखित नियम से होसक-
ता है।

प्रलम्बित पुलकी सड़क पड़ी (३) होनेसे
ग विन्दु पर गत डण्डी की लम्बाई -
निर्धारण करने का नियम।*

२९। नियम। अतिचार वक्र से न्यूनतम डण्डी कक्ष

* ये नियम अध्यापक रांकीन के सूत्रों के अनुसार हैं। इन नियमोंमें एक वर्ग-इञ्च बड़े कुप लोहे के तोड़ने का बोझ ६०,००० पौण्ड लियागया है, लोहेकी डण्डी का बोझ, जो १ फुट लम्बी और एक इञ्च वर्ग हो, ३·३ पौण्ड लियागया है, और लोहे पर लदाव तोड़ने वाले बोझ का छठा अंश ग्रहीत हुआ है।

(१) deflection (२) Sectional area of the chain
(३) Horizontal

की लम्बाई को बताओ; अवशिष्ट को गज के (जो म बिंदु से शृङ्खल का निम्नतम बिन्दु क का पड़ा अन्तर है) वर्ग से गुणन करो, और गुणफल को अर्द्ध मादेश अच के वर्ग से भाग करो; लब्धि मे न्यूनतम उसी कक्ष की लम्बाई को जोड़ो, तो इससे गच उसी की लम्बाई मिलेगी।

उक्त नियम से शृङ्खल के वक्र मे कई एक बिन्दुओं का स्थान विदित होने से उस वक्र का आकार भी उसी से निकल आता है, अब यह जानना आवश्यक है कि उसके प्रत्येक भाग पर कितना दबाव पड़ता है ताकि उस दबाव के परिमाण के अनुसार प्रत्येक भाग का परिमाण भी रक्खा जावे। इसके निर्धारण के निमित्त मुख्योक्त परिमाणों के सिवा, एक फुट लम्बी सड़क और उस पर अधिक से अधिक जितने दबाव के पड़ने की सम्भावना हो उसके बोझ के जानने की आवश्यकता है। इस बोझ के ज्ञात होने से निम्नलिखित नियमों के द्वारा शृङ्खलोंका परिमाण निश्चित होगा।

शृङ्खलके निम्नतम बिन्दु क पर दबाव निरूपण, और उसका परिच्छेद मान निर्धारण, करने का नियम।

२०। नियम। अतिचार वक्र से न्यूनतम उसी कक्ष

की लम्बाई को घटाओ, अवशिष्ट को द्विगुण करके ग्रेडेश अङ्क के वर्ग से भाग करो, और लब्धि से .००७२ घटाओ; अवशिष्ट के द्वारा एक फुट लम्बी सड़क और उसके लदाव के बोझ (के पौण्डों) को भाग करो, जो लब्धि होगी वह शृङ्खल के निम्नतम विन्दु क पर दबाव का परिमाण होगा; इस दबाव को .००००८९३ से गुण करने से उसी विन्दु पर शृङ्खलों का परिच्छेद मान (वर्ग इञ्चों मे) निकलेगा।

शृङ्खल के किसी विन्दु ग पर दबाव निरूपण और उसी विन्दु पर उसका परिच्छेद मान निर्धारण करने का नियम।

३१। नियम। शृङ्खल के निम्नतम विन्दु क से ग की खड़ी ऊंचाई कज को द्विगुण करके उसको, क से ग के पड़े अन्तर गज से विभक्त करो; और लब्धि के वर्ग मे १ जोड़ो, इस समष्टि के वर्गमूल को क पर दबाव से (जिसके निकालने का नियम ऊपर ३०वें परिच्छेद मे कहा गया) गुणन करने से ग विन्दु पर दबाव निकलेगा; और इस दबाव का .००००८९३ से गुणन करने से उसी विन्दु पर शृङ्खल का परिच्छेदमान (वर्गइञ्चों मे) निकलेगा।

३२। उक्त नियमों के फल को अब हम उदाहरणों से

स्पष्ट करके दिखलाते हैं।

कल्पना करो कि अर्द्ध पादेश २०० फुट है, अमिथा ४० फुट, न्यूनतम उर्ध्वी की लम्बाई २ फुट, एक फुट लम्बी सड़क का लदाव समेत बोझ ५००० पौण्ड, और शृङ्खल के मध्य से ग बिन्दु की पड़ी लम्बाई गज १०० फुट। तो

प्रथम नियम से (२९ वें परिच्छेद मे देखो), ४० मेंसे २ घटाये, रहे ३८, इसे १०० के वर्ग से गुणा करने से हुए ३,८०,०००, इस अङ्क को २०० के वर्ग से विभक्त करने से लब्धि मिली ९·५, इसमे २ फुट जोड़े तो समष्टि ११·५ फुट उर्ध्वी गच की लम्बाई निकली।

दूसरे नियम से (३० वें परिच्छेद मे देखो), ४० मेंसे घटाये २ अवशिष्ट रहे ३८, इसके द्विगुणे को २०० के वर्ग से विभक्त करने से मिले ·००१९, इसमेंसे घटाये ·०००३, अवशिष्ट रहे ·००१६ इसके द्वारा ५००० को विभक्त करने से निकले ३१,२५,००० पौण्ड जो शृङ्खल के निम्नतम बिन्दु क पर दबाव का परिमाण हुआ। इस अङ्क को ·००००८९३ से गुणन करने से निकले २७९ वर्ग इञ्च जो क पर शृङ्खल का परिच्छेद मान हुआ।

और तीसरे नियम से (३१ वें परिच्छेद मे देखो) ९·५ के द्विगुणे को १०० से भाग करने से मिले ·१९,

इसके वर्ग मे १ मिलाया तो हुए १·०२६१, इनका वर्गमूल १·०१३ है, जिसे ३१,२५००० से गुणन करने से निकले ३१,६५,६२५ पौण्ड जो ग विन्दु पर दबाव का परिमाण है; और इस अङ्क को ·००००८९३ से गुणन करने से निकले २८३ वर्ग इञ्च जो ग विन्दु पर सङ्कुल का परिच्छेद मान हुआ।

मसाला अर्थात उपादान सामग्री जो निर्म्माण कार्य्य मे व्यवहृत होती हैं

३३, निर्म्माण कार्य्य के प्रधान मसाले चार जाति के होते हैं; यथा

१ धातु

२ काष्ठ

३ पत्थर

४ कृत्रिम पत्थर, यथा ईंट और विभिन्न प्रकार के लेप अर्थात चूना, सुर्खी प्रभृति

प्रत्येक जाति के मसाले के साधारण गुण वर्णन के पहिले, उनके बल के विषय मे, और विभिन्न अवस्था मे उसी व्यवहार का कुछ संक्षेप वर्णन वाञ्छनीय है इस निमित्त पहिले इस विषय को हम लिखेंगे।

मसाले का बल

बाह्य शक्ति प्रयोग के प्रकार भेद से मसाले के बल

के कार्य्य मे तारतम्य होता है; इस निमित्त पहिले यह देखना चाहिये कि वाह्यशक्ति प्रयोग कय प्रकार से होते हैं। प्रथम, वस्तु को खैंच कर तोड़ना; द्वितीय भींचना; तृतीय, तिर्य्यक् भेद, जैसे कोई शहतीर या डण्डी के दोनों सिरे खम्भों पर टिके हों और बीच मे किसी स्थान पर दबाव से वह टूटे; चतुर्थ लचकाना अथवा स्थितिस्थापकता, जैसे कोई शहतीर व डण्डी दोनों सिरे पर खम्भों पर टिकी हो तो बीच से उसको इतना लचकाना कि वह टूटे नहीं। वाह्यशक्ति प्रयोग के ये चार प्रधान भेद हैं।

प्रथम। जब कोई वस्तु खैंची जाती है, और खैंच की दिशा उसके केन्द्र मे होकर जाती है, तो उसका बल उसके परिच्छेद मान का अनुपाती होता है। विभिन्न प्रकार धातु, काष्ट, पत्थर, की डण्डी जो १ वर्ग इञ्च अर्थात् १ इञ्च चौड़ी और १ इञ्च मोटी हो, उसे खैंच कर तोड़ने का बोझ (पौण्डों मे) उनके गुण निरूपक निम्नलिखित प्रकोष्ट के क चिह्नित खम्भ मे निर्दिष्ट हुआ है। यदि और किसी माप की डण्डी का उक्त प्रकार बोझ निर्धारण करना हो तो उसके परिच्छेद मान को प्रकोष्ट के अङ्कों से गुण करने से वह मिल सकेगा। यथा, एकबें लोहे की एक ऐसी डण्डी को, जो ४ इञ्च चौड़ी

और २ इञ्च मोटी हो, यदि खेंचकर तोड़ने का बोझ निर्धारण करना हो तो प्रकोष्ठस्थ अङ्क १७,९२० को १२ से गुण करना चाहिये, जिससे २,१५,०४० पौण्ड उक्त बोझका परिमाण निकलेगा, तथा १ फ़ुट वर्ग श्वेत मर्मर शिला को खेंच कर तोड़ने से तो ५५१ को १४४ से गुण करना चाहिये, जिससे ७९,३४४ पौण्ड अर्थात् प्राय ९६७½ मन निकलेंगे।

द्वितीय। अध्यापक हाजकिन्सन साहब ने परीक्षा करके निरूपण किया कि जब किसी वस्तु पर खींचने की शक्ति प्रयुक्त होती है तो उसका (भङ्ग निरोधक) बल उस सम्बन्ध पर निर्भर करता है जो (सम्बन्ध कि) उसकी उंचाई उसके अन्य परिमाण (अर्थात् लम्बाई चौड़ाई के मान) से रखती है। उन्होंने देखा कि जब किसी वस्तु की उंचाई उसके व्याससे (यदि वह वस्तु गोल हो) अथवा भुज से (यदि चतुष्कोण वर्ग हो) अधिक न हो तो उंचाई की न्यूनता के अनुसार बल की अधिकता होती है (अर्थात् व्यास वा भुज से उंचाई जितनी न्यून होती है वस्तु का भङ्ग निरोधक बल उतना ही अधिक होता है); परन्तु जब उंचाई व्यास वा भुज से अधिक हो तब (वस्तु के आकारानुसार) एक त्रिकोण वा गोल सूचि वा कुठाराकृति शङ्कु के पार्श्व पर

से भङ्ग होता है, और स्रुति प्रकृति के पुंजका कोण एक प्रकार द्रव्य में सर्वदा समान रहता है और उंचाई की अधिकता से बल में भेद नहि पड़ता जब तक कि उंचाई व्यास की अपेक्षा चार पांच गुण अधिक न हो; और इतनी उंचाई होने से थम्भ मुड़ने लगती है, और फेर ज्यों २ उंचाई उससे अधिक होती जाती है त्यों २ बल घटता जाता है। उन्होंने यह भी निरूपण किया कि इन सीमाओं के भीतर बल परिछेदमान से अनुपात सम्बन्ध रखता है अर्थात् क्षेत्रांक की न्यूनाधिकता से इष्टांक की भी न्यूनाधिकता होती है।

विविध द्रव्यों के १ इञ्च वर्ग वाले थम्भों को भींचकर भग्न कर देने का बोझ निम्नलिखित प्रकोष्ठों के अङ्कित स्तम्भों में दिखलाया गया है। यदि अन्य परिमाण वाले थम्भों के भञ्जक बोझ को निर्धारण करना हो तो प्रकोष्ठस्थ अङ्कों को उनके परिछेदमान (के वर्ग इञ्चों) से गुणन करना चाहिये, यथा, श्वेत मर्मर की १ फुट वर्ग शिला को भींचकर तोड़ने के निमित्त १४४ से गुणित ६०६० अर्थात् ८,७२,६४० पौण्ड बोझ चाहिये जो १०,६५४२ मन के समान होता है।

* अध्यापक हाजकिनसन साहब ने स्तम्भों का बल ज्ञापक निम्नलिखित सूत्र परीक्षा द्वारा निर्धारित किया है। इस सूत्र में ट स्तम्भ का भींचकर तोड़ने वाला बोझ (टनों में) है (टन २२४० पौण्डों का होता है जो साढ़े २७ मन २४ सेर बोझ है);

(१) Material

स्तम्भ। चित्र ९ मे किसी द्रव्य की एक उण्डी वा शहतीर के दोनों सिरे अ और क स्तम्भों पर टिके हुए हैं, और उसके मध्य ख से एक बोझ ब० लटका हुआ है।

व स्तम्भ का बाहर का व्यास (इन्चोंमे) है; व, भीतर का व्यास (यदि पोला हो) इन्चोंमे है; ल स्तम्भ की लम्बाई फुटोंमे है; और च, छ, ज, झ नियत अङ्क हैं जो स्तम्भ के उपादान पर निर्भर करते हैं, और जिनका मूल्य कई एक उपादान द्रव्य के निमित्त निम्नलिखित द्वितीय प्रकोष्ठ मे निर्दिष्ट हुआ है।

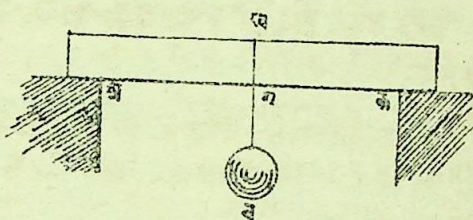
स्तम्भ के प्रकार	जब दोनों सिरे गोल हों और उंचाई व्यास से अन्यून २५ गुणी हो	जब दोनों सिरे चपटे हों, और उंचाई व्यास से अन्यून ३० गुणी हो।
ठोस गोल स्तम्भ	$ट = च \frac{व^{३.७६}}{ल^{१.७}}$	$ट = छ \frac{व^{३.५५}}{ल^{१.७}}$
पोला — तथा	$ट = ज \frac{व^{३.७६} - व_{१}^{३.७६}}{ल^{१.७}}$	$ट = झ \frac{व^{३.५५} - व_{१}^{३.५५}}{ल^{१.७}}$

उपादान द्रव्य	च	छ	ज	झ
ढलवां लोहा —	१४.९०	४४.१०	१३.०	४४.३
घड़वां लोहा —	२९.	७७.	१२.७	७७.२
ढलवां फौलाद —	३०.५०	११०.९०	३२.७	१११.१

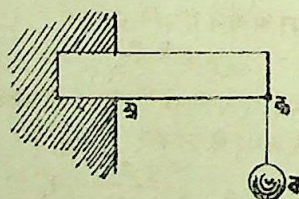
जब कि स्तम्भ की उंचाई उससे न्यून है जो कि ऊपर के प्रकोष्ठ मे लिखी हुई है, तब स्तम्भ कुछ तो मुड़कर और कुछ भिंचकर टूटता है, और प्रकोष्ठ मे जितना बोझ निर्दिष्ट हुआ है उससे अधिक सहारता है। इस विषय मे, कल्पना करो कि ट वह बोझ है जो प्रकोष्ठ अनुसार गणना करने से आता है; ट, वह बोझ है जो, मूलमे ऊपर जो नियम भींचने वाले बोझ निकालने का लिखी है, उसके अनुसार गणना करने से आता है; और ट२ स्तम्भ का यथार्थ बल निर्देशक बोझ है, तो —

$$ट_{२} = \frac{ट ट_{१}}{ट + \frac{३}{४} ट_{१}}$$

जिस स्तम्भ का एक सिरा गोल हो और दूसरा चपटा उसका बल मध्यम अनुपाती है ऐसे दो स्तम्भों के बीच कि, जिनमे से एक के दोनों सिरे चपटे हों और दूसरे के दोनों गोल।

(चित्र १७)

इस चित्र के अनुसार बीच में यदि शहतीर का तोड़ने वाला बोझ पड़े तो उस्का परिमाण अनुपात सम्बन्ध रक्खेगा उस अङ्क से जो शहतीर की चौड़ाई को उस्की गहराई खग के वर्ग से गुणन करने से (अर्थात् ख पर परिच्छेदमान से गहराई को गुणन करने से) निकलेगा, और उलट अनुपात सम्बन्ध रक्खेगा खम्भों का अन्तर अङ्क से। विभिन्न वृक्षों की एक फ़ुट लम्बी, एक इञ्च चौड़ी और एक इञ्च मोटी कड़ी में जितने बोझ से दराड़ (भङ्ग) आ जावे, (यदि बोझ मध्य में नियुक्त हो), उस्के बोझों की संख्या निम्नलिखित अङ्कोष्ठों के ख चिह्नित स्तम्भ में निर्दिष्ट हुई है। यदि और किसी परिमाण वाली कड़ी वा शहतीर में दराड़ पहुंचाने वाले बोझ को जानना हो तो अङ्कोष्ठस्थ अङ्क को गहराई (की इञ्चों) के वर्ग से, और उस्को चौड़ाई (की इञ्चों) से गुणन करना चाहिये, और गुणफल को खम्भों के अन्तर (के फुटों)

से विभक्त करना चाहिये; यथा; कल्पना करो कि एक ढलवें लोहे की शहतीर की लम्बाई का अन्तर अक १० फ़ुट है, गहराई ६ इञ्च है, और चौड़ाई ४ इञ्च है, तो २०४५ को ३६ से और ४ से गुण किया और १० से विभक्त किया, तो इससे २९, ४४८ पौण्ड बोझ निकलेगा जो शहतीर के मध्यमें नियुक्त होने से उसको तोड़ सकेगा।

बोझको शहतीर के मध्यमें न लटका कर यदि उसपर अ से क पर्य्यन्त समान रूपसे बिछा दिया जावे तो वह द्विगुण बोझ सहार सकेगा, अर्थात् जितने बोझको मध्यमें लटकाने से शहतीर टूटेगा, सारे शहतीर पर (अर्थात् उसके उस भाग पर जो खम्भों के भीतर है) फैलाने से उसके द्विगुण बोझसे वह टूटेगा।

(चित्र १८)

यदि शहतीर का केवल एक सिरा अ (चित्र १८में देखो) दिवालमें गड़ा हो और दूसरे सिरे क से बोझ लटका ऊआ हो तो यह केवल चौथाई बोझ सहार सकेगा,

अर्थात दोनों सिरे टिके हुए हों तो शहतीर के बीच से जितना बोझ लटकाया जा सकता है, उसका केवल चौथाया बोझ एक सिरे से लटकाया जासकेगा जब दूसरा सिरा उसका स्थिर पोषित हो। इस अवस्था मे भी यदि बोझ समान रूपसे शहतीर पर फैलाया जावे तो शहतीर दूना भार सह सकेगी; अर्थात एक सिरा पोषित होने से अन्य सिरे से जितना बोझ लटक सकता है, उससे दूना बोझ टिक सकेगा यदि वह शहतीर पर बिछा दिया जावे।*

---

* शहतीर को उसकी विभिन्न अवस्थामे तोड़ने वाले बोझ ज्ञापक ध्रुवे नीचे लिखे जाते हैं। इन ध्रुवोंमे ब_2 उक्त बोझ का निर्देशक है, ब_1 एक फ़ुट लम्बी और एक इञ्च वर्ग परिच्छेद मान वाली डण्डी के तोड़ने के बोझ का निर्देशक है, अर्थात मकोष्ठ के ख चिह्नित स्तम्भ लिखित अङ्कों का चतुर्थांश है, च॰ चौड़ाई का निर्देशक है, ग॰ गहराई का और ल॰ लम्बाई का।

१· जो शहतीर का एक सिरा पोषित हो और दूसरे सिरे से बोझ लटकाया जावे।

$$\text{ब}_2 = \frac{\text{च} \times \text{ग}^2}{\text{ल}} \cdot \text{ब}_1$$

२· जो शहतीर का एक सिरा पोषित हो और बोझ बाहर निकली हुई सारी लम्बाई पर समान रूप बिछा हो।

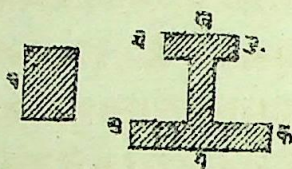
$$\text{ब}_2 = 2\,\frac{\text{च}\,\text{ग}^2}{\text{ल}} \cdot \text{ब}_1$$

३· जो शहतीर का एक सिरा पोषित हो और बोझ बाहेर निकली हुई लम्बाई के मध्य मे लटका हुआ हो।

$$\text{ब}_2 = 2\,\frac{\text{च}\,\text{ग}^2}{\text{ल}} \cdot \text{ब}_1$$

४· जो शहतीर के दोनो सिरे खम्भों पर टिके हुए हों, और उसके मध्यमे बोझ लटका हुआ हो।

$$\text{ब}_2 = 4\,\frac{\text{च}\,\text{ग}^2}{\text{ल}} \cdot \text{ब}_1$$

ऊपर जो शहतीर का विभिन्न प्रकार बल निर्धारित हुआ वह उस अवस्था में है जब कि उसके परिच्छेद[1] का आकार समकोण चतुर्भुज[2] हो ऐसे कि चित्र १९ में ब का।

(चित्र १९)

५. जो शहतीर के दोनों सिरे खम्भों पर टिके हों, और बोझ समान रूप से बिछा हो।

$$ब_{२} = ८ \frac{च ग^{२}}{ल} \cdot ब_{१}$$

६. जो शहतीर के दोनों सिरे स्थित हों और बोझ मध्य से लटका हो।

$$ब_{२} = ६ \frac{च ग^{२}}{ल} \cdot ब_{१}$$

७. जो शहतीर के दोनों सिरे स्थित हों और बोझ उस पर समान रूप से बिछा हो।

$$ब_{२} = १२ \frac{च ग^{२}}{ल} \cdot ब_{१}$$

८. जो शहतीर के दोनों सिरे खम्भों पर टिके हों, और बोझ उसके मध्य स्थल के सिवा अन्य किसी स्थल से लटका हो।

$$ब_{२} = \frac{ल च ग^{२}}{श स} \cdot ब_{१}$$

(श स बोझ के दोनों ओर के शहतीर खण्डों की लम्बाई के निर्देशक हैं)

९. जो शहतीर के दोनों सिरे स्थित हों, और बोझ मध्य के सिवा अन्य किसी स्थल से लटका हो।

$$ब_{२} = \frac{३}{१} \frac{ल च ग^{२}}{श स} \cdot ब_{१}$$

इन नियमों से शहतीर का जितना बोझ सम्हालने का बल निश्चित होता है, व्यवहार में उस के चौथाई बोझ से अधिक उस पर न लादना चाहिये।

(१) *Cross section* (२) *Rectangular*

परन्तु यह आकार ऐसा नहिं कि जो सब से अधिक बल रक्खे, क्योंकि उस्के रूपान्तर करने से उतनाहि परिमाण द्रव्य साथ त्रिगुण बोझ सहार सकता है। इसी हेतु निर्म्मातृगण के काम मे ढलवां लोहा बहुत आता है, क्योंकि उसे वे इच्छानुसार आकार मे ढालसकते हैं, और न्यूनतम परिमाण द्रव्य से अधिकतम परिमाण बल ला सकते हैं। इस प्रकार एक आकार जो अध्यापक हाजकिनसन साहेब ने निरूपण किया है, और जो सब व्यवहार मे बहुत आता है चित्र ९ मे प्रदर्शित हुआ है; ऐसे आकार के एक शहतीर के दोनों सिरे यदि खम्भों पर टिके हुए हो तो उस्के तोड़ने का बोझ (पौण्डों मे) (जो मध्य मे लटकाया जावे) इस रीति से निकलेगा कि ४८५२ को निचले भाग अ क के क्षेत्र फल (की वर्ग इञ्चों) से, और उसे गहराई ख ग (की इञ्चों) से गुणन करें और गुण फल को खम्भों के अन्तर (के फुटों) से विभक्त करें।

वक्तव्य। जब कोई शहतीर दो खम्भों पर टिकी हुई होती है जैसे कि चित्र १० मे, और उस्के मध्य से बहुत बोझ लटका हुआ हो तो वह झुक जाती है, और उस्का मध्य बिन्दु स अपने पूर्व्व स्थान से नीचे आजाता है, इन दोनों स्थानों के अन्तर को शहतीर का "व्यतिचार" वा

झुकाव कहते हैं। अतिचार का परिमाण, लम्बाई अंक के घन से गुणित बोझ से अनुपात सम्बन्ध रखता है, और गहराई के घन से गुणित चौड़ाई से अस्त अनुपात सम्बन्ध रखता है। प्रकोष्ठस्थ किसी विशेष द्रव्यकी शहतीर का अतिचार जानना हो तो लम्बाई (के फ़ुटों) के घन के बोझ (के पौण्डों) से (जो बीच से लटका हो) गुणन करो, और गुणफल को उस अङ्क से विभक्त करो जो उस द्रव्य के सम्मुख प्रकोष्ठ के ग चिह्नित स्तम्भ में निर्दिष्ट अङ्क को चौड़ाई और उसे गहराई के घन (की इञ्चों) से गुणन करने से निकलता है, इससे जो लब्धि होगी वह अतिचार के इन्च होंगे। यथा, शीशून का एक शहतीर १० फ़ुट लम्बा, ९ इन्च गहरा, और ६ इन्च चौड़ा है और उसके मध्य स्थान पर ५००० पौण्ड बोझ है, इसके अतिचार निकालने के निमित्त, १००० को ५००० से गुणन किया, हुए ५००००००, और ५५८९ को ६ और ७२९ से गुणन किया तो हुए २४४४६२८६ और ५००००००० को २४४४६२८६ से विभक्त किया तो लब्धि २० इन्च अतिचार हुआ॥

धातुओंका स्वभाव

धातुओंका नाम	बोझ पौण्डों में				बल				
	एक घनफुट का	(फुट लम्बी एक इंच चौड़ी और १ इंच मोटी पटरी का)	(फुट लम्बी, १ इंच चौड़ी और एक इंच मोटी छड़ी का)	(फुट लम्बी और १ इंच व्यास की गोल छड़ी का)	(वर्ग इंच को खींचकर तोड़ने का जोर (पौण्डों में)) (अ)	(वर्ग इंच को दबाकर तोड़ने का जोर (पौण्डों में)) (क)	(फुट लम्बी १ इंच चौड़ी और १ इंच मोटी पटरी को बीच से तोड़ने का जोर (पौण्डों में)) (ख)	झुकाव या स्थिति-स्थापकता का गुणक ग	(अंश उष्णता से लम्बाई की वृद्धि)
ढलवां लोहा	४५०	३८.४	३.२०	२.५१	१०६६७५	१०९७२०	२०४५	४२५५९३	.००००६१७
घड़वां लोहा	४८५	४०.	३.३०	२.६१	...	५८९५२	२३५०	५०६८५	.००००६९८
फ़ौलाद	४९०	४०.८	३.४०	२.६७	...	१३०,०००	...	६७,१२९	.००००६३९
ढलवां ताम्बा	५४९	४५.७	३.८१	२.९९	११६४८०	११९०७२	...	...	.०००१४३०
तोपकी धातु Gun Metal	५१०	४२.५	३.५४	२.७८	...	३५८४०	...	१३,८५४	.००००१००९
पीतल	५२३	४३.६	३.६३	२.८५	१८३११०	१०९५८	८९०	१९,६७१	.००००१०४४
शीशा (ढलवां)	७१०	५९.२	४.९४	३.८८	७८४०	१,८२४	१९६	१,९९७	.०००१५९३
जस्त (ढलवां) Zine	४३९	३६.५	३.०५	२.४०	...	...	७४६	११,९९७	.०००१६३४
लोहेकी तार						४२६७८			
मूङ्ल						३१८३२			

(अ) गोल छड़ें समान परिच्छेद मान वाली अन्य किसी आकार की छड़ों की अपेक्षा अधिक बल रखती हैं।

३५। ऊपर जितने धातु लिखे हैं, इनमें से ढलवां लोहा निर्म्माण कार्य्य में बहुत व्यवहृत होता है। यह दो प्रकार का होता है, एक तो "श्वेत ढलवां लोहा" जो तोड़ने से श्वेत और स्फटिक की न्याईं आभा विशिष्ट दृष्ट होता है और खरड़ होता है, और दूसरा "धूसर वर्ण ढलवां लोहा" जो तोड़ने से धूसर वर्ण, दानेदार, दृष्ट होता है और नम्र होता है और धातु की सी चमक रखता है। इन दोनों के मध्य में ढलवें लोहे के और बहुत से अवान्तर भेद हैं। उक्त दोनों प्रकार के लोहे की पहिचान इस रीति से शीघ्र हो सकती है कि उसकी एक नोक पर हथौड़े से चोट लगाने से यदि उसके छोटे २ अंश टूट पड़ें तो तो उसे पहिले प्रकार का लोहा जानना चाहिये, और यदि उसमें केवल दांते पड़ जांय अर्थात् लोहे का अंश भीतर को दब जाय तो उसे द्वितीय प्रकार का जानना चाहिये। खम्भों में यह बहुत व्यवहृत होता है क्योंकि इसमें भींच का विरोधी बल बहुत होने से इस कार्य्य के निमित्त यह विशेष उपयोगी है। शहतीरों में तो अधिकांश इसी का व्यवहार है, यद्यपि पिछले दिनों में निर्म्माताओं ने घड़वें लोहे को विशेष उपयुक्त समझा और कई स्थलों में उससे अच्छी कार्य्यसिद्धि भी हुई। * घड़वें लोहे से ढिबरी, काबला,

* समान दबाव हो तो ढलवां लोहा कुछ हद तक घड़वें लोहे की अपेक्षा दूना दब जाता है, परन्तु खिंचकर टूटने होने में इसे घड़वें लोहे की अपेक्षा तिगना बल चाहिये।

पेचग़ेक, बऊत बऊत बनती हैं जिनसे ढलवें लोहे और काष्ठ की शहतीरें जोड़ी जाती हैं, इससे विबन्धन-उ(१)ष्ठि प्रभृति भी, जिनमे खेंच पड़ती है, बनते हैं। इस्तमित मेहराबों की शृङ्खलें भी थोड़े दिनों से घड़वें लोहे की बनने लगी हैं। अवशिष्ट धातुओं मे से फ़ौलाद निर्माण कार्य्ये मे बऊत अल्प व्यवहृत होता है; यह हथियार और उपकरण के काम मे हि बऊत आता है। तोपकी धातु और पीतल प्रायशः उन यन्त्रों मे व्यवहृत होते हैं जिनमे घर्षण से क्षय की अधिक सम्भावना है; यन्त्रकागतिविशिष्ट एक अङ्ग तो इन धातुओं का बनता है और दूसरा ढलवें वा घड़वें लोहे का ताम्बा, शीशा और जस्त छतों के आच्छादन मे बऊत व्यवहृत होते हैं।

(१) Tie-rods

काष्ठ के प्रकार	बोझ पौंडों में: एक वर्ग इञ्च का	बोझ पौंडों में: एक फुट लम्बी और १ इञ्च वर्ग डण्डे का	बल: तोड़ पौंडों में १ वर्ग इञ्च मोटाई वाले का तोड़ने का	बल: तथा — १ वर्ग इञ्च की छिल का तोड़ने का	बल: तथा — १ फुट लम्बी और १ वर्ग इञ्च मोटाई की लकड़ी का	झुकाव वा स्थितिस्थापकता का गुणक	लोहे का [illegible]	लोहे की [illegible]
			(अ)	(क)	(ख)	(ग)	इञ्च	फुट
सिरस					५३५			
बहल					८२६			
आबनूस					८६१			
इमली					८१६			
दारु					५८६			
पीपल					४५८			
देवदारु —— पञ्जाब					५८३			
तथा —— गढ़वाल					६०५			
चीड़					६२७			
तथा —— पञ्जाब					७५४			
बांस —— पहाड़ी १ इञ्च व्यास					९६०			
बांस —— समस्थल का तथा					६८६			
बहेड़ा					८१०			
आंवला					८८२			
नारियल					४९८			
रस्सी सन की				९२४७				
चमड़े के तसमे				५६५				

(ख) लकड़ी की थम्बी वा डण्डी को खींच कर अलग करने के बल निरूपक ध्रुवे विभिन्न लम्बाई और मोटाई के निमित्त नीचे लिखे जाते हैं।

जब मुड़ने वाली न हो (अर्थात् जब लम्बाई मोटाई की अपेक्षा अष्टगुण से न्यून हो)

$व_१ = ब_१ \times प०$ (यहां $व_१$ = बल थम्बी का

$ब_१$ = तथा १ वर्ग इञ्च परिच्छेद मान वाली का { जो स्तम्भ (ख) में लिखा है

प = परिच्छेदमान)

३८। निर्म्माण कार्य्यमें शुष्क काष्ठका ब्यवहार होता है। गीलाकाष्ठ ऐंठ जाता है और शीघ्र लय प्राप्त होता है; क्योंकि काष्ठके भीतर रस रहने से यदि उसे सम्यक् प्रकार वायु न लगे, अथवा उस पर उपर्य्युपरि जल और उत्ताप लगे, तो उसका रस सड़ जाता है; उसीसे काष्ठ भी क्षयशील होजाता है। अतएव उचित है कि जहांतक होसके रस का ह्रास किया जाय, इसी हेतु काष्ठ को शीत ऋतु अर्थात् अग्रहायण, पौष और माघ मास मे, तथा ग्रीष्म ऋतु के आषाढ़ मास मे गिराना चाहिये, क्योंकि इन महीनों मे अन्य समय की अपेक्षा अत्यल्प परिमाण रस होता है। वृक्ष को गिरा के उसके रस को जितने शीघ्र होसके शुष्क करना चाहिये। शुष्क करने की प्रक्रिया यह है। वृक्ष के छाल को छील कर उसे पवन मे रख देना चाहिये, पर वृष्टि और धूपसे बचाना चाहिये इस रीति से उसकी आर्द्रता और रस दोनों जाते रहेंगे; अथवा वृक्ष को प्राय एक पक्ष विशुद्ध बहते जल की धार मे डुबो रखना चाहिये, जिससे उसका रस निर्गत होकर पानीमे घुल जाता है, पीछे काष्ठ को क्रमशः सुखा लेना चाहिये, इस (शेषोक्त) प्रक्रिया को जल शोष कहते हैं।

जल घर मे डाली हो

१ लम्बाई मोटाई की अपेक्षा ८ से १२ गुणीतक
अर्थात् लं० = (८ से १२) मो० — व = [illegible] व.प

२ —— लं० = (१२ से २४) मो० — व = [illegible] व.प

३ —— लं० = (२४ से ३८) मो० — व = [illegible] व.प

४ —— लं० = (३८ से ४८) मो० — व = [illegible] व.प

(१) water seasoning

२७। काष्ठको क्षय और कीट से रक्षाके विविध उपाय अवलम्बित हुए हैं। इनमे से कैयान(१) साहेब निर्दिष्ट उपाय यह है कि काष्ठको (उसके परिमाणानुसार) ७ से १४ दिवसतक "कोरोसिव सबलीमेट(२)" नामक औषध मे (जो पारे और क्लोरिन् नामक हरिद्वर्ण वाष्प विशेष के योग से बनती है) भिगो रक्खा जावे। और पेन(३) साहेब निर्दिष्ट उपाय यह है कि काष्ठ को लोहे की बन्द नली मे भर देते हैं। और उस नली मे रखिके वाष्प को जमा कर और वायु-कर्षक(४) यन्त्र की सहायता से उस वाष्प को निकाल कर शून्य(५) कर लेते हैं, फिर नली मे "सलफेट अफ़् पैरन(६)" नामक औषध (जो लोहे की तार को गन्धक के तेज़ाब मे गलाने से बनती है) डाल देते हैं जो काष्ठ के छिद्रों मे भर जाती है, क्योंकि वे छिद्र पहिले ही वायु शून्य किये गए हैं; काष्ठ को उस अवस्था मे एक मिनट (२॥ पल) रखने से उस औषध के द्वारा वह सम्पूर्ण व्याप्त हो जाता है, तब उस औषध को निकाल लेते हैं और उसके स्थान मे "म्यूरियेट अफ़् लाइम(७)" नामक औषध (जो गन्धक के तेज़ाब, लवण, और चूने से बनती है) भर देते हैं, यह औषध भी पूर्वोक्त औषध की न्याईं काष्ठ मे प्रविष्ट हो जाती है, और दोनों औषध एक दूसरेके

(१) Kyan (२) Corrosive Sublimate (३) Payne (४) Airpump (५) Vacuum (६) Sulphate of Ir (७) Muriate of lime

* कसीस

उपर कार्य्य करके काष्ट के भीतर दो नवीन द्रव्य अर्थात् "म्यूरिएट आँफ़[1] ऐरन" और "सल्फेट आफ़्[2] लाईम" उत्पन्न करते हैं। इस प्रकार से जो काष्ट संसिक्त होता है उसमे एक विशेष गुण यह उत्पन्न होता है कि वह अग्निमे दग्ध नहि होता; बड़ी उत्तम अग्नि का संयोग होनेसे वह काष्ट जलता है पर उसमे से अग्नि-शिखा निर्गत नहि होती। इसके सिवा और कई उपाय हैं जिनका वर्णन बाहुल्य के भय से यहां आवश्यक नहि समझा गया।

(१) Muriate of Iron (२) Sulphate of Lime

प्रकृत पत्थरों का स्वभाव

पत्थरों के प्रकार	बोझ पौण्डों में: एक घन फुट का	बोझ पौण्डों में: एक घन गज़ का	बल: बोझ पौण्डों में (जो इंच घन पर, जिसके पहिले टूटने आवे)	बल: बोझ पौण्डों में जिससे (जो एक इंच का टूटे)	बल: बोझ पौण्डों में जिससे (जो एक इंच के टुकड़े भाग हो)	बल: बोझ टूटक अन्त हो जाने का	परिमाण पत्थर कितना पानी सोखता है	उपादानतत्व: १०० भाग पत्थर में सिलिका नामक पदार्थ के कितने भाग हैं	उपादानतत्व: तथा "कार्बोनेट" के कितने भाग हैं	उपादानतत्व: तथा कार्बोनेट आफ मैगनेशिया के कितने भाग हैं
			(अ)		(क)					
रेतला पत्थर	१४४	३८८८	३९४१	५९६४	७६२	६०२	.०९७	९६.२	१.१	०.०
(१) ऊलाइट नामक पत्थर	१३१	३५४६	१४९१	२५७४	८५७	८.३	.१५५	०.४	९३.८	२.७
चूने का पत्थर	१४४	३८८८	९७९५	४,०९८	"	१०.५	.११४	५.०	८३.९	४.२
मैगनेशिया का चूना	१४१	३८०७	४७३३	५२१९	"	१.५	.१४८	१.७	५४.६	४०.६
संग मर्मर	१६९	४५६३	४९५०	६०६०	५५१	"	"	१.१	९४.५	०.०
ग्रानिट पत्थर (अबरडीन का)	१६४	४४२८	९२५१	१०९१४.	"	"	"			
स्लेट पत्थर (वेल्स का)	१७२	४६४४	०	०	११५००		"	कार्टज़, फेलड्स्पार और मिका नामक पदार्थ		

(१) Oolite

२८। उल्लिखित प्रकोष्ठ के अविच्छिन्न स्तम्भ में वह बो-
झ निर्दिष्ट हुआ है जिससे पत्थर पहिले तड़कता है;
उससे अगले स्तम्भ में वह बोझ लिखित हुआ है जिस-
से समस्त पत्थर चूर्ण हो जाय; इसलिये व्यवहार में
अविच्छिन्न-स्तम्भोक्त बोझकोहि चूर्ण करने वाला बो-
झ समझना चाहिये। सातवें स्तम्भ मेजो अङ्क हैं
उनसे यह विदित होता है कि प्रत्येक प्रकार का प-
त्थर जल वायु के द्वारा कितना वियुक्त होसक्ता है।

कृत्रिम पत्थर और लेपका स्वभाव

२९। ईटों को कृत्रिम पत्थर समझना चाहिये। ई-
टों के स्वभाव और बल में जिस मृत्तिका से वे बनी हों
उसके भेद से, बनने में यत्नके तारतम्य से, और दा-
ह की न्यूनाधिकता से, बड़ा भेद पड़ता है। एक वर्ग
इञ्च ईट को भींच कर चूर्ण करने में १२०० पौण्ड से ४,५००
पौण्ड तक बोझ की आवश्यकता होती है; पर चूर्ण क-
रने के प्राय आधे बोझ सेहि ईट में दरार आजाती है।
विभिन्न प्रकार ईट के १ वर्ग इञ्च को भींच कर चूर्ण
करने योग्य बोझका मध्यम परिमाण यह निरूपि-
त हुआ है;

ईट पक्की २,१३४ पौण्ड

ईट पीली ८०० पौण्ड

ईंट झावां——१४२३ पौण्ड

ईंट कीचिनाई—— ५२१ पौण्ड

एक घन फ़ुट ईंट की पक्की चिनाई का बोझ प्राय १२० पौण्ड होता है। ईंटका खेंच प्रभृति से इतना ब्यवहार मे प्रायशः दृष्ट नहि होता, इसलिये इस प्रकार भङ्ग के बोझका परिमाण निरूपण करना अनावश्यक है। जिस चिनाई पर जल वायु के कार्य्यकी सम्भावना हो उसमे अच्छी पक्की ईंटें लगानी चाहिये।

५०। सब प्रकार के मसाले और लेपकी प्रधान उपादान सामिग्री चूना है उसके साथ सुर्ख़ी रेत प्रभृति द्रव्य मिलाये जाते हैं, इनको पानी मे भिगो कर चक्की से पीसते हैं, तब मसाला चिनाई के योग्य हो जाता है। चूना इस देशमे तीन प्रकारका ब्यवहृत होता है; यथा, पत्थरका, कङ्करका और मट्टीका। चूनेका पत्थर एक विशेष प्रकारका होता है, इस प्रकार के पत्थर की ढेरी आगमे जलाई जाती है; जले हुए चूनेके पत्थर मे अधिक काल वायु न लगने देनी चाहिये नहितो वह फेर सर्व्वतत् होजायगा। इसके पीछे जले हुए पत्थर मे थोड़ा२ पानी डालना चाहिये जिसे "चूना बुझाना" कहते हैं, पानी पत्थर

के भीतर प्रवेश करता जाता है और उसमे से भाप निकलती है, और तब पत्थर का आपसे आप बुझने जाता है जिसे "बुझा हुआ चूना" कहते हैं। बुझे हुए चूने को भी अधिक काल वायु न लगने देनी चाहिये। पत्थर के प्रकार भेद से चूना भी विभिन्न प्रकारका होता है। जो चूना बहुत श्वेत होता है, अधिक जल शोषता है, अधिक उष्ण होता है, और भाप मे भी जो अधिक होता है, जिसकी मांडी बना कर पानी मे डाल रखने से बरसों नरम रहती है, और बहते पानी मे घुल जाता है, उसे कली कहते हैं। जिस चूने के पत्थर मे "सिलिका"(१) और "अलूमिना"(२) नामक पदार्थ का परिमाण अधिक होता है, उससे जो चूना बनता है उसे "जलीय(३) चूना" कहते हैं क्योंकि यह पानी मे बड़ा कठिन होजाता है; कली अपेक्षा यह चूना बड़ी कठिनता से बुझता है, अल्प परिमाण पानी शोषता है, इसके बुझने मे अधिक समय लगता है, और भाप मे इसका परिमाण अधिक नहिं होता, पर इसका बड़ा गुण यह है कि इसकी मांडी बनाकर यदि पानी मे डाल रक्खी जावे तो थोड़े दिनों मेहि वह कठिन होजाती है और बरसभर मे तो ऐसी कठिन होजाती है कि उसपर चोट लगाने से चाहे पत्थर की न्याई टूट जाय पर घुल(शीघ्र)

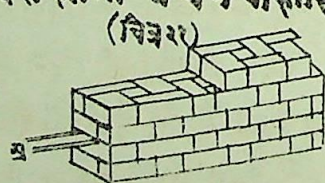
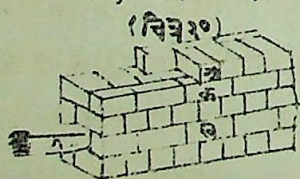
(१) सिलिका पदार्थ बालू मे बहुत होता है। Silica (२) अलूमिना पदार्थ चिकनी मट्टी मे बहुत होता है। alumina

(३) Hydraulic lime

न होगा, फेर यह चूना पानी मे घुलता नहि। इन दो प्रकार चूनों के मध्य मे अन्तर्वर्ती गुण विशिष्ट और बहुत से चूने हैं। कली के साथ चिकनी मट्टी मिला कर दोनों को जलाने से एक प्रकार कृत्रिम "जलीय चूना" बनता है जिसका गुण पूर्वोक्त "जलीय चूने" से बहुत मिलता है। कङ्कर का चूना कङ्कर के जलाने से बनता है। कङ्कर कुछ तो मट्टी के भीतर से निक-लते हैं और कुछ मट्टी के ऊपर होते हैं; प्रथमोक्त प्र-कार कङ्कर जो काले और कठिन होते हैं सड़कों पर कूटे जाते हैं, और शेषोक्त प्रकार कङ्कर जो श्वेत और नर्म होते हैं उनका चूना बनता है। चूने की मट्टी दि-ल्ली, गुड़गांव प्रभृति जिलों मे बहुत मिलती है, इ-सके जलाने से भी चूना बनता है। पर सब मे बलिष्ठ और श्रेष्ठ चूना पत्थर का होता है। कहीं २ (प्रायशः समुद्र तीरस्थ देशों मे) हड्डी, शंख प्रभृति का भी चू-ना बनता है। सुर्खी लाल ईंट के पीसने से बनती है, और कभी २ मट्टी के गोंदे को, सुर्खी के निमित्त, ईंट की न्याई पका भी लेते हैं। चूने मे चौगुने पंच-गुने कङ्कर, ईंट के टुकड़े, बालू प्रभृति मिलाने से जो ठोस चीज़ बनता है उसे "कङ्करीट"(१) कह-ते हैं।

(१) Concrete

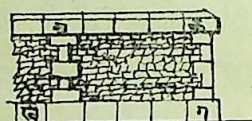
विभिन्न प्रकार निर्मिति

४१। इष्टक-स्थापन के प्रकार भेद से ईंट की चिनाई दो प्रकार की होती है। ईंट का लम्बा सिरा (चित्र २० मे जैसे क) जब दीवाल के बाहिर की ओर हो तब उसे "व्यायन[1]" कहते हैं; और दूसरा छोटा सिरा जब ऐसे हो (चित्र २० मे जैसे ख) तब उसे "शीर्षक[2]" कहते हैं। ईंटों का प्रत्येक रद्दा चिनाई मे इस प्रकार से रक्खा जाता है कि किसी रद्दे की ईंटों की खड़ी सन्धि उसके ऊपर वा नीचे के रद्दों की खड़ी सन्धि से नहि मिलती, जैसे कि चित्र २० मे ग सन्धि के ऊपर वा नीचे कोई सन्धि नहि केवल ठोस ईंट हैं, इस प्रकार ईंटों के स्थापन को बन्धन[3] कहते हैं। दीवालों मे ईंटों के बन्धन प्रायशः दो प्रकार से होते हैं। एक प्रकार तो यह है कि एक रद्दा केवल "शीर्षक" का रक्खा जावे और दूसरा "व्यायन" का, जैसे चित्र २० मे, इसे प्राचीन-इङ्गलण्डीय-बन्धन कहते हैं, और दूसरा प्रकार यह है कि प्रत्येक रद्दे मे एक ईंट "शीर्षक" रक्खी जावे और दूसरी व्यायन, जैसे चित्र २१ मे, इसे फ्लेमी-बन्धन कहते हैं।

(१) stretcher (२) Header (३) bond

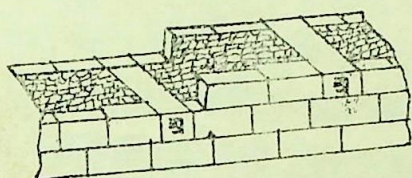
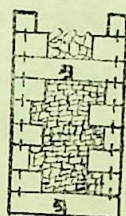
ऐसी बन्धन दीवाल के ऊपर अति सुदृश्य प्रतीत होता है, पर बल मे प्राचीन इङ्गलएडीय बन्धन अपेक्षा यह निकृष्ट है, और इसकी चुड़ाई में ईंट का भी बड़ा अपव्यय होता है। जहां दीवाल को अच्छी दृढ़ करने की आवश्यकता है, वहां केवल बन्धन हि यथेष्ट नहि है; ऐसे स्थल मे दीवाल के बीच कहीं२ उसकी सारी लम्बाई मे लकड़ी की पट्टी (जैसे चित्र २० मे ग) चिन देने की रीति थी। परन्तु यह रीति आशङ्का से शून्य नहि, क्योंकि दीवाल की दृढ़ता लकड़ी के अविकृत बने रहने पर निर्भर करती है, और यदि लकड़ी गल जाय जो कि उसकी इस अवस्था में बहुत सम्भव है, तो दीवाल के गिर पड़ने के पहिले उसके जानने का भी सब समय उपाय नहि। इसलिये विद्वानों ने दीवाल के बन्धन की इस रीति को प्रायशः परित्याग करदिया है और लकड़ी के स्थान मे लोहे का देना (जैसे चित्र २१ मे घ) अवलम्बन किया है। लोहा कुछ सिंचाया हुआ हो (अर्थात उसमे ज़ंग लगा हो तो अच्छा है, क्योंकि तब वह चूना वा लेप से अच्छा संश्लिष्ट होजाता है।

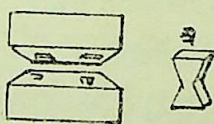
५२। पत्थर की चिनाई मे भी वहि सावधानता आवश्यक है जो ईंट की चिनाई मे, अर्थात एकोंसा प्रकार से खड़े जोड़ों का बन्धन करना चाहिये, और पत्थरों

के आकार की विभिन्नता हेतु यह काम कुछ कठिन नहि। पहाड़ों के पास जहां पत्थर की अधिकता है, उसे चौकोन बनाय वा घड़े चिनाइ(१) दीवाल मे लगाते गये हैं, इसे पत्थर की मोटी चिनाई कहते हैं चित्र २२ मे इस प्रकार की चिनाई की एक दीवाल दिखलाई गई है, पर उसका मस्तक(२) (अ क), कुर्सी(३) खग, कोन्हा(४) क ग, और पाये(५) अब घड़वें पत्थर के हैं, जिनसे दीवाल दृढ़ और सुदृश्य होती है।

(चित्र २२)

९२। जब पत्थर की दीवाल किसी अच्छे प्रकार की होती है, अर्थात उसकी मोटाई समधिक होती है, तो उसके दोनों पार्श्व मे प्रायशः घड़वें पत्थर लगाये जाते हैं और बीच मे साधारण चपटे पत्थर खण्ड भर दिये जाते हैं, पर ऐसी दीवाल मे शीर्षक पत्थर अ ब (चित्र २३ और २४ देखो) कुछ२ अन्तर पर दीवाल के आर पार लगाने चाहियें जिससे बीच के पत्थरों के बैठने से दोनों पार्श्व पृथक होकर गिर न जांय।

(१) Rubble masonry. (२) Coping (३) Plinth. (४) Quoin. (५) Pier

(चित्र २३)
(दीवाल की लम्बाई का)

(चित्र २४)
(दिवाल के परिछेद या चौड़ाई का)

५४। जहां इस प्रकार की रक्षा आवश्यक है कि पत्थर एक दूसरे के ऊपर फिसल न जाय अथवा जोड़ उन्के पृथक् न होजांय, वहां उन्के बीच एक लोहे या तांबे का कपोत पुच्छाकार टुकड़ा (चित्र २५ में जैसे अ) जो अङ्ग ग्रह[१] कहलाता है अन्तर्निविष्ट कर दिया जाता है।

(चित्र २५)

इस अङ्गग्रह का आधा भाग एक पत्थर में होता है और अवशिष्ट आधा दूसरे पत्थर में, दोनों पत्थरों में उसे इस प्रकार निविष्ट करके उसके चारों ओर शीशा पिघला कर डाल दिया जाता है, जिससे वह पत्थर के साथ

(१) Cramp or Dowel

चिपट जाता है। क्योंकि अङ्ग्रह कभी२ स्लेट वा अन्य कठिन पत्थर के भी बनते हैं और लेपके साथ बैठा दिये जाते हैं।

नीव की रीति

४५। निर्म्माता को यह सर्व्वदा ध्यान रखना चाहिये कि जिस नींव पर गृहादि निर्म्माण करना है वह पक्की होवे। यदि नींव की भूमि दृढ़ होवे, अर्थात उस पर गृहादि जो कुछ निर्म्माण करना हो उसका बोझ झेलने योग्य हो, तो केवल इतनाहि आवश्यक है कि भूमि अच्छे प्रकार से समतल की जाय। पर यदि भूमिमे बड़ी सलामी हो तो उस पर नयी मट्टी डालकर उसे समतल करने की आवश्यकता नहि, उस सलामी मे सीढ़ी की न्याईं कई टुकड़े को समतल करलेने सेहि नींव की भूमि बन जायगी जिसके ऊपर चिनाई का आरम्भ हो सकता है।

४६। बहुत समय ऐसा होताहै कि भूमि सुदृढ़ नहि होती, अतएव जिससे वह बोझ के द्वारा बैठ न जाय उसके कृत्रिम उपाय अवलम्बन करने होते हैं। एक उपाय, जो बहुत व्यवहार मे आता है, यह है कि लम्बी कड़ी और शहतीरों को भूमिमे खड़ी गाड़ देते हैं। ये कड़ी प्रायशः १ फुट वर्ग होती है, निचला सिरा इनका

नोकदार अर्थात् तीक्ष्णाग्र होता है और इस्के चारो ओर लोहे की "शाम" अर्थात् वेष्टनी होती है जिस से भूमि मे उस्का प्रवेश सुगम हो। इन्के ऊपरले सिरे पर मचाऊ(२) के द्वारा ऊंचे से एक बड़ा बोझ फेंकते हैं, जिस्की चोट से वे भूमि मे प्रवेश करती चली जाती हैं; ऊपरले सिरे मे भी लोहे की शाम चढ़ा देते हैं इस अभिप्राय से कि चोटों से वह सिरा फट न जाय। जब कड़ियें इतनी नीचे पहुंच जाती हैं कि उन्का विरोध चिनाई का बोझ झेलने योग्य हो जाता है तो आरी से अवशिष्ट अंश को चीर कर पृथक् कर देते हैं, और सब कड़ियों के सिरे को समान करके उन्के ऊपर लकड़ी का तख़्त कर देते हैं और उस तख़्त पर चिनाई की नींव रक्खी जाती है। चित्र २६ एक दिवाल का है जो उक्त प्रकार नींव पर चिनी गई है, इस नींव मे तीन पंक्ति कड़ियों की तीन २ फ़ुट के अन्तर पर गाड़ी गई हैं, प्रत्येक कड़ी ८ इञ्च वर्ग और दश फ़ुट लंबी है।

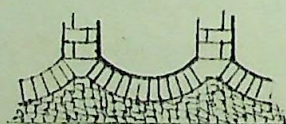
(चित्र २६)

(१) Pile driving machine

४७। दूसरा उपाय यह है कि नीव को अधिक भूमि मे फैलाकर डालना; यह इस प्रकार से होसकता है, "कङ्क्रीट" को भूमि पर बिछा देना, और उसके ऊपर चिनाई करके सीढ़ियों की न्याई उसे छोड़ते जाना जब तक कि दीवाल की साधारण मोटाई मात्र रहजाय; अथवा बड़े२ चपटे पत्थरों को भूमि पर बिछा देना और उसके ऊपर चिनाई आरम्भ करना।

४८। यदि केवल ऊपरही नरम मट्टी हो, और कुछ नीचे उसके भूमि सख्त हो, तो नरम मट्टी को खोद कर फेंक देना चाहिये और उसके स्थान मे, जहां से चिनाई आरम्भ करनी हो वहां तक, "कङ्क्रीट" भर देना चाहिये।

४९। जब कि चिनाई को खम्भों पर वा पायों पर टिकाना हो, और वे पाये ऐसे चौड़े न हों कि उनके बोझसे उनके नीचे की भूमि के बैठ जाने का भय न हो, तो उनके बोझ को अधिक भूमि पर फैलाने की एक अच्छी रीति यह है कि पायों के नीचे उलटी महराब चिन देना, जैसे चित्र २० मे।

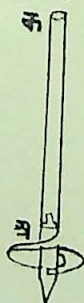
(चित्र २०)

५० कभी२ ऐसा होता है कि नींव की भूमि सामान्यतः दृढ़ हो, पर किसी२ स्थान में नरम हो और बोझ के झेलने योग्य न हो, ऐसे स्थानों में नम्र भूमि के ऊपर उलट[1] लगा दी जाती है यदि बहुत बड़ी न हो। परंतु जहां ऐसी भूमि दीर्घ हो और उस पर उलट लगाना असाध्य न हो वहां ईंट के कूप गाले जाते हैं जब तक कि दृढ़ भूमि मिले, और उन कूओं के ऊपर नींव चिनी जाती है।

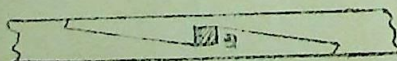
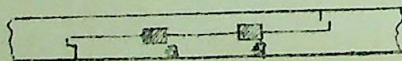
५१। जहां पानी की गहराई वा भूमि की मट्टी के असंहत होने से, रच्चोक्त उपायों में से कोई भी न चल सके, वहां अलेकजण्डर मिचेल साहेब निर्धारित पेंचदार कड़ी बड़े काम में आती है, यथा चित्र २८ में। इस कड़ी के निचले सिरे के पास लोहे का एक बड़ा पेंच, जिसके प्राय डेढ़ घेरे होते हैं, लगा है, इसी अ स्थान पर चौरस जण्डी लगी है जिस पर कड़ी अक जड़ी है; इस कड़ी को घुमाने से जितना आवश्यक हो

(चित्र २८)

(1) Closed arch

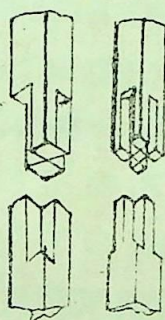
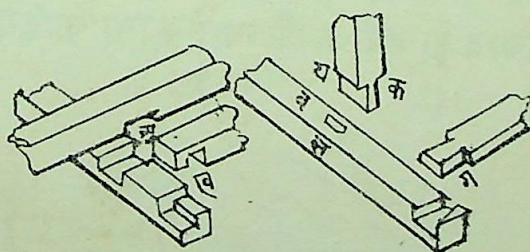
उसका पेच नीचे चला जाता है और मट्टी मे दृढ़ता से लग जाता है।

सूत्रधार (अर्थात बढ़ई) का काम (१)

५२। सूत्रधार के काम मे उस अंश का ज्ञान निर्माता को विशेष प्रयोजनीय है जिससे काष्ट संयोग की रीति जानी जाय। अतएव व्यवहार मे काष्ट संयोग की जो रीति प्रायशः अवलम्बित होती है, उसका कुछ संक्षेप वर्णन यहां किया जाता है।

५३। चित्र २९ मे, शहतीरों को उनकी लम्बाई की दिशा मे जोड़ने की दो रीतियें प्रदर्शित हुई हैं; ऐसे जोड़ को ग्रन्थान (२) कहते हैं अ अ पच्चर (३) हैं जिनका एक सिरा दूसरे सिरे की अपेक्षा मोटाई मे कुछ न्यून है; काड़ियों के दोनों अंशों के जोड़ने के निमित्त जितना आवश्यक है उससे अधिक कसकर पच्चरों को न ठोकना चाहिये, और न ऐसा कि जिससे जोड़ विक्षेप्य (४) हो; जब अधिक बल की आवश्यकता होती है तब लोहे के पत्तरे (५) और काबले (६) जोड़ पर लगाये जाते हैं।

(चित्र २९)

(१) Carpentry (२) Scarf-joint (३) Key or wedge
(४) Subject to strain (५) plates (६) bolts

५४। खड़ी लकड़ी वा थम्बी को अधिक लम्बी अथो- न ऊंची करने का प्रयोजन होने से चित्र ३० में जो इसके दो प्रकार दिखलाये गए हैं उनमें से किसी एक को अवलम्बन करने से हि कार्य्य सिद्धि हो सकती है, पर बाईं ओर के चित्र में इसका जो उपाय दृष्ट होता है वह सीधा है।

(चित्र ३०)

५५। जब एक लकड़ी दूसरे पर लम्ब रूपसे [illegible](१) होती है, तो प्रत्येक को उनके सन्धिस्थल पर आधा छील डालते हैं, चित्र ३१ में जैसे अ इस क्रियाको "अधौकाणें"(२) कहते हैं।

(चित्र ३१)

(१) Cross (२) Halving

५६। जब एक लकड़ी दूसरी पर आकर टिकती है अर्थात् उससे केवल युक्त होती है, उसके पार नहिं जाती तो उनके योग का प्रकार चित्र ३१ मे क पर दिखलाया गया है य वह अंश है जिसे चूल (१) कहते हैं और व छिद्र है जिसमे वह चूल प्रविष्ट होती है; इन दोनों लकड़ियों की सन्धि को किसी अन्य दृढ़ लकड़ी की कील ल से युक्त करते हैं।

५७। जब दोनों लकड़ियें मिलकर परस्पर समकोण वा कोन्हा बनावें तो या तो उनको अर्द्धीकृत करना चाहिये जैसे कि चित्र मे ख पर दिखलाया गया है, या कपोत पुच्छाकार (२) करना चाहिये जैसे कि ग पर; पहिला प्रकार श्रेष्ठ है क्योंकि लकड़ी के दबाव से उसमे बहुत हानि नहिं होती।

५८। जब एक लकड़ी दूसरी पर टिक कर परस्पर न्यून कोण (३) बनाते हैं, जैसे कि छत की शहतीर, तो चित्र ३२ मे अ की न्याई जोड़ लग सकता है; पर जहां जोड़ पर बड़ा दबाव हो वहां क की न्याई करना चाहिये।

(चित्र ३२)

इति प्रथम भागः

(1) Tenon (2) dove-tailed